



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

Volum I: Memòria

Estudi per a la certificació energètica de l'edifici TR8 del Campus UPC de Terrassa

Treball Final de Grau

Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Autor: **Adrián González Pérez**

Director: **Miquel Casals Casanova**

Co-director: **Marcel Macarulla Martí**

Juny de 2015

Índex de continguts

Resum.....	6
Abstract	6
1. Introducció	7
1.1. Objecte de l'estudi.....	7
1.2. Abast	7
1.3. Especificacions bàsiques.....	8
1.4. Justificació.....	8
2. Antecedents i estat de l'art.....	9
2.1. Legislació i normativa.....	9
2.1.1. Directives europees.....	9
2.1.2. Normativa espanyola.....	10
2.2. El certificat energètic	11
2.2.1. Procediment i software.....	11
2.2.2. L'etiqueta energètica	12
2.3. Situació actual.....	14
3. Descripció de l'edifici.....	15
4. Metodologia aplicada.....	16
4.1. Recollida d'informació.....	16
4.2. Certificació mitjançant mètodes simplificats (CE ³ X)	16
4.2.1. Dades administratives.....	17
4.2.2. Dades generals.....	17
4.2.3. Envolupant tèrmica.....	18
4.2.4. Instal·lacions	19
4.2.5. Qualificació obtinguda.....	19
4.3. Certificació a partir de consums reals.....	20
5. Certificació exhaustiva	21
5.1. Dades generals	21
5.2. Envolupant tèrmica de l'edifici.....	22
5.2.1. Materials.....	23
5.2.2. Patrons d'ombra	24
5.2.3. Cobertes.....	26
5.2.4. Murs	28
5.2.5. Buits i claraboies.....	31
5.2.6. Sòl.....	32
5.2.7. Particions interiors.....	34

5.2.8. Ponts tèrmics.....	36
5.3. Instal·lacions.....	37
5.3.1. Equips d'aigua calenta sanitària (ACS)	37
5.3.2. Equips de només calefacció	38
5.3.3. Equips de només refrigeració	39
5.3.4. Equips d'enllumenat	40
5.3.5. Ventiladors.....	40
5.3.6. Equips de bombeig	41
5.4. Qualificació obtinguda.....	42
6. Certificació bàsica	43
6.1. Envolupant tèrmica	43
6.1.1. Cobertes.....	43
6.1.2. Murs	44
6.1.3. Buits	44
6.1.4. Sòl.....	44
6.1.5. Particions interiors.....	44
6.1.6. Ponts tèrmics.....	45
6.2. Instal·lacions.....	45
6.3. Qualificació obtinguda	45
7. Certificació monitoritzada	46
7.1. Consum d'electricitat	46
7.2. Consum de gas	48
7.3. Consum total	49
8. Comparació de resultats	50
8.1. Comparació entre certificació exhaustiva i certificació bàsica.....	50
8.2. Comparació entre certificació per mètodes simplificats i certificació monitoritzada.....	52
9. Treballs futurs.....	54
9.1. Creació d'un software per realitzar certificacions monitoritzades	54
9.1.1. Estructura de descomposició del treball (EDT).....	54
9.1.2. Descripció de les tasques	55
9.1.3. Duracions i relacions de precedència.....	56
9.2. Proposta de millores d'eficiència energètica per la FOOT	56
9.2.1. Estructura de descomposició del treball (EDT).....	56
9.2.2. Descripció de les tasques	57
9.2.3. Duracions i relacions de precedència.....	58
10. Impacte mediambiental	58



11. Pressupost.....	59
12. Conclusions.....	59
13. Bibliografia	61

Índex de figures

Figura 1. Model homologat d'etiqueta d'eficiència energètica. Font [17]	13
Figura 2. Distribució de qualificacions energètiques d'emissions al parc immobiliari espanyol. Font [15]	15
Figura 3. Relació entre els diferents tipus d'energia	20
Figura 4. Introducció de dades generals al CE ³ X.....	22
Figura 5. Distribució patis i façanes	22
Figura 6. Fotografia del pati 3	25
Figura 7. Esquema de les cobertes de l'edifici.....	26
Figura 8. Fotografia de la façana A	27
Figura 9. Esquema de les cobertes a la planta 1	27
Figura 10. Esquema de les façanes de l'edifici	28
Figura 11. Esquema dels murs dels patis interiors	28
Figura 12. Fotografia de les finestres a la façana D.....	30
Figura 13. Fotografia de l'entrada principal de l'edifici a la façana C	30
Figura 14. Esquema del sòl de la planta 0	33
Figura 15. Esquema del sòl de la planta 1	33
Figura 16. Esquema de la planta 0	34
Figura 17. Esquema de les particions interiors a les façanes B i D	34
Figura 18. Esquema de les particions interiors a la primera planta	35
Figura 19. Esquema de les particions interiors horitzontals a la coberta principal	35
Figura 20. Esquema de les particions interiors horitzontals a la segona planta ..	36
Figura 21. Entorn de control de la sala de calderes.....	38
Figura 22. Caldera Roca NTD-360.....	39
Figura 23. Entorn de control dels equips de producció de fred.....	39
Figura 24. Refredadora Ciat RZ-700-2.....	40
Figura 25. Dades tècniques de les bombes de calor	41
Figura 26. Dades tècniques de les bombes de fred.....	42
Figura 27. Qualificació energètica obtinguda mitjançant certificació exhaustiva	42
Figura 28. Qualificació energètica obtinguda mitjançant certificació bàsica	45
Figura 29. Consum elèctric total mensual dels últims tres anys	46
Figura 30. Consum de gas mensual dels últims dos anys	48
Figura 31. Escales de qualificació d'eficiència energètica de consum i emissions, respectivament.....	50

Índex de taules

Taula 1. Procediments de certificació energètica en funció del tipus d'edifici. Font [13]	11
Taula 2. Relació entre qualificació d'eficiència energètica i índex de qualificació d'eficiència energètica per edificis d'ús terciari. Font [17]	14
Taula 3. Factors de conversió entre energia primària, secundària i emissions. Font [14]	21
Taula 4. Composició i transmitància tèrmica dels diferents elements de l'envolupant	23
Taula 5. Característiques dels patrons d'ombra	25
Taula 6. Característiques de les cobertes	27
Taula 7. Característiques dels murs principals	29
Taula 8. Característiques dels murs de reculada de finestres i portes	31
Taula 9. Característiques de buits i claraboies	32
Taula 10. Característiques dels sòls	33
Taula 11. Característiques de les particions interiors verticals	35
Taula 12. Característiques de les particions interiors horitzontals	36
Taula 13. Característiques dels ponts tèrmics	37
Taula 14. Característiques dels equips d'ACS	37
Taula 15. Característiques dels equips de només calefacció	38
Taula 16. Característiques dels equips de només refrigeració	39
Taula 17. Característiques dels equips d'enllumenat	40
Taula 18. Característiques dels ventiladors	40
Taula 19. Característiques dels equips de bombeig	41
Taula 20. Característiques de les cobertes a la certificació bàsica	43
Taula 21. Característiques de les particions interiors dels patis 3 i 4	45
Taula 22. Lectures de consum elèctric TR8 (gener 2013 - abril 2015)	47
Taula 23. Lectures de consum de gas TR8 (maig 2015 - abril 2015)	49
Taula 24. Consums i qualificacions de la certificació monitoritzada	49
Taula 25. Comparació entre certificació exhaustiva i certificació bàsica	51
Taula 26. Comparació entre certificació bàsica i certificació monitoritzada	52
Taula 27. Descripció de les tasques del treball futur 1	55
Taula 28. Duració i precedències de les tasques del treball futur 1	56
Taula 29. Descripció de les tasques del treball futur 2	57
Taula 30. Duració i precedències de les tasques del treball futur 2	58

Resum

Aquest treball consisteix en la realització de la certificació energètica de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, de la Universitat Politècnica de Catalunya. En concret, es realitzaran tres certificacions paral·leles, dues mitjançant mètodes simplificats, amb el programa CE³X, que es diferenciaran en el nivell de precisió de les dades introduïdes i una feta a partir dels consums reals de l'edifici.

Posteriorment es compararan els resultats obtinguts en cadascuna de les certificacions i es plantejaran hipòtesis per tal de justificar les possibles discrepàncies que hi pugin aparèixer. Finalment, aquesta comparació servirà per valorar quin dels tres mètodes és el més recomanable en diversos escenaris.

Abstract

This paper is about the energy performance certification of the *Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa*, of the *Universitat Politècnica de Catalunya*. Specifically, three certifications will be done; two using simplified methods, with the CE³X software, and one using the actual energy consumption of the building.

Then, the results of these certifications will be compared and, in order to justify the differences that may appear between them, some hypothesis will be established. Finally, this comparison will help decide which of the three certification methods is the most recommendable for different scenarios.

1. Introducció

1.1. Objecte de l'estudi

L'objecte d'aquest estudi és, en primer lloc, valorar el grau d'exactitud dels valors de consums energètics obtinguts mitjançant mètodes simplificats de modelització d'edificis existents, contrastant-los amb els consums reals de l'edifici en qüestió.

També es pretén comparar les diferències en els resultats d'una certificació bàsica i d'una certificació exhaustiva, valorant si aquestes justifiquen l'increment de dedicació i recursos de l'exhaustiva.

Finalment, es vol estudiar la possibilitat d'utilitzar els consums reals d'edificis monitoritzats com a mètode alternatiu de certificació energètica.

1.2. Abast

L'edifici sobre el qual es desenvoluparà el present estudi és la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (FOOT), situat al Campus de Terrassa de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Es realitzarà un total de tres certificacions energètiques, dues per mètodes simplificats fent servir el programa CE³X i una a partir dels consums reals de l'edifici. Les dues primeres es diferenciarien en la complexitat, es farà una amb el màxim de valors reals de l'edifici i una altra amb valors predeterminats entre altres simplificacions.

A les dues certificacions per mètodes simplificats es modelitzarà la totalitat de l'envolupant tèrmica, incloent-hi patrons d'ombra, i les instal·lacions de l'edifici.

Per cada certificació s'obtindrà el valor del consum energètic i les emissions de diòxid de carboni per unitat de superfície. Aquests valors es compararan entre si, tot determinant hipòtesis per justificar les possibles discrepàncies entre ells.

Es valorarà la utilització dels consums reals com a mètode simplificat alternatiu de certificació energètica.

L'estudi no inclou la proposta de millores orientades a l'augment de la qualificació resultat de la certificació.

No s'inclou l'assaig de l'estanqueïtat de l'edifici.

1.3. Especificacions bàsiques

Per a la realització de les dues certificacions energètiques per mètodes simplificats s'utilitzarà el procediment i software (CE³X) establerts al Real Decreto 235/2013.

Les dades de consums reals provindran del sistema de monitorització de consums energètics de la UPC (SIRENA).

L'obtenció de plànols i memòria constructiva per tal de modelitzar l'envolupant tèrmica i les instal·lacions de l'edifici TR8 es farà mitjançant el Servei d'Obres i Manteniment de la UPC. Aquelles dades que no puguin ser trobades per aquesta via seran introduïdes com a dades estimades o per defecte.

1.4. Justificació

El consum energètic i el seu impacte al medi ambient tenen una gran rellevància al món actual. És per això que des de la Unió Europea i els seus estats membres s'està produint un important esforç legislatiu amb l'objectiu d'aconseguir una important reducció del consum energètic. En particular, relatiu al consum als edificis, la directiva europea 2010/31/UE regula la certificació energètica d'edificis nous i existents, per tal d'establir la seva eficiència energètica.

En aquest sentit, a la UPC s'ha dissenyat un Pla d'Optimització Energètica (POE), actualment en la seva segona versió (POE+), orientat a reduir el consum energètic als seus edificis, modificant els patrons d'ús i de gestió, sense alterar l'habitabilitat de l'edifici ni haver d'invertir en mesures estructurals. Dins del marc d'aquest pla, el present estudi permetrà conèixer millor com s'utilitza l'energia a la FOOT per, posteriorment, poder dissenyar mesures efectives de reducció del consum energètic¹.

La comparació entre els tres mètodes de certificació energètica que s'empraran en aquest estudi permetrà validar els resultats obtinguts a partir dels mètodes simplificats, valorant si s'ajusten a la realitat.

¹ Per a més informació sobre el Pla d'Optimització Energètica de la UPC, consultar la font [8].

2. Antecedents i estat de l'art

Arran de la creixent conscienciació mediambiental de les últimes dècades, i com a resultat dels diversos compromisos relatius a la reducció d'emissions, a la Unió Europea s'han promogut una sèrie d'accions per tal de reduir les emissions contaminants, en especial de diòxid de carboni, dels països membres. En els següents apartats es detallen aquestes accions en forma de directives europees i les subseqüents transposicions estatals com a Real Decreto.

2.1. Legislació i normativa

2.1.1. Directives europees

Una de les competències principals de la Unió Europea és la gestió de l'energia i dins d'aquest camp, destaquen les accions per preservar i millorar el medi ambient per mitjà del foment de l'eficiència energètica i l'estalvi energètic, així com el desenvolupament d'energies noves i renovables, tal com s'indica a l'article 194 del tractat de funcionament de la Unió Europea.

A més, des de començament dels anys 90, diverses fonts [4] [1] han revelat que prop del 40% del consum total d'energia a la Unió Europea està associat als sectors de l'habitatge i terciari, amb previsió de creixement. És per això que s'han elaborat diverses directives que centren el seu focus d'atenció en la reducció del consum energètic als edificis.

La primera d'elles és la **Directiva 93/76/CEE**, de setembre de 1993, que insta als Estats membres a aplicar una sèrie de programes, amb l'objectiu de reduir les emissions de CO₂. Entre altres mesures com l'aïllament tèrmic de nous edificis o la inspecció periòdica de calderes, aquesta directiva instaura la necessitat que els Estats membres disposin i apliquin programes relatius a la certificació energètica d'edificis. Tot i això, no estableix obligatorietat de certificat energètic per a cap tipus d'edifici.

Davant requeriments mediambientals marcats pel Protocol de Kyoto, que assignava a la Unió Europea una reducció del 8% de les emissions de CO₂, es va introduir la **Directiva 2002/91/CE**, que substituïa a l'anterior. A partir d'aquesta segona versió de la llei s'estableix una metodologia de certificació energètica i la necessitat d'un certificat energètic que asseguri uns requeriments mínims d'eficiència energètica per a nous edificis o reformes importants d'edificis existents.

Des de 2010 la norma vigent és la **Directiva 2010/31/UE**, una refosa de la llei anterior que l'amplia, basant-se en tres pilars principals:

- Estableix el marc comú general de la metodologia de càlcul de l'eficiència energètica dels edificis. En aquest sentit, s'indica que aquest càlcul haurà de basar-se en la quantitat d'energia consumida anualment, real o calculada a partir d'una sèrie d'aspectes de les instal·lacions i l'envolupant tèrmica, llistats a l'annex I de la Directiva.
- Determina una sèrie de requisits mínims d'eficiència energètica per a edificis, incloent-hi les seves instal·lacions (que, a més, seran objecte d'inspeccions periòdiques).
- Creació de plans nacionals destinats a augmentar el nombre d'edificis de consum d'energia quasi nul, amb l'objectiu que tots els edificis nous ocupats i propietat d'autoritats públiques tinguin un nivell d'eficiència energètica com a molt tard a partir l'any 2019, ampliant aquest propòsit a tots els edificis per l'any 2021.

Finalment, cal destacar l'entrada en vigor, al juny de 2014, de la **Directiva 2012/27/UE** relativa a l'eficiència energètica, que complementa a la Directiva 2010/31/UE, marcant com a objectiu principal un 20% d'estalvi energètic per l'any 2020.

2.1.2. Normativa espanyola

La transposició de la Directiva Europea 2002/91/CE en la legislació espanyola es va produir mitjançant:

- El **Codi Tècnic de l'Edificació (CTE)**, Real Decreto 314/2006, que, en l'àmbit de l'eficiència energètica, estableix els requeriments mínims i la seva aplicació en edificis nous i reformes significatives d'edificis existents.
- El **Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis (RITE)**, Real Decreto 1027/2007, que regula les exigències d'eficiència energètica i seguretat que han de satisfer les instal·lacions tèrmiques d'edificis.
- El **Real Decreto 47/2007**, mitjançant el qual es regula el procediment bàsic per la certificació energètica d'edificis nous.

Amb l'aprovació de la Directiva 2010/31/UE va ser necessari un canvi en la legislació espanyola que, tot i poder-se realitzar mitjançant una nova disposició que modifiqués el Real Decreto anterior, es va decidir realitzar la transposició amb un nou Real Decreto que derogués l'anterior, per tal de simplificar la normativa.

Per tant, la normativa espanyola vigent en relació als procediments de certificació energètica és el **Real Decreto 235/2013**, mitjançant el qual es regula els procediments de certificació energètica tant per edificis nous com per edificis existents.

2.2. El certificat energètic

El certificat energètic és el document oficial resultant de qualsevol certificació energètica, d'un edifici nou o existent, en el qual s'inclouen les característiques energètiques de l'edifici certificat, entre les quals destaca qualificació energètica. A més de les dades relatives a l'eficiència energètica de l'edifici, aquest certificat també ha d'incloure dades generals i administratives de l'edifici (detallades a l'apartat 4.2), així com una sèrie de recomanacions per tal de millorar la qualificació energètica de l'edifici.

Aquest certificat té una durada màxima de 10 anys i un cop finalitzat el període de validesa serà necessària la renovació del document. haurà d'estar subscrit per un tècnic competent. En aquest sentit, la normativa preveu una llista de titulacions que habiliten l'expedició d'aquest tipus de certificats. Aquestes són:

- Enginyer / enginyer tècnic aeronàutic
- Enginyer / enginyer tècnic agrònom
- Enginyer / enginyer tècnic de camins, canals i ports
- Enginyer / enginyer tècnic industrial
- Enginyer / enginyer tècnic de mines
- Enginyer / enginyer tècnic forestal
- Enginyer / enginyer tècnic naval
- Enginyer / enginyer tècnic de telecomunicació
- Enginyer tècnic topògraf

2.2.1. Procediment i software

A la normativa vigent es consideren diferents mètodes d'obtenció del certificat energètic en funció del tipus d'edifici a certificar. Aquests són:

		Procediments utilitzables
Edificis nous	Habitatge	CALENER VyP CE2 CERMA
	Altres usos	CALENER VyP CALENER GT
Edificis existents	Habitatge	CALENER VyP CE3 CE ³ X CERMA
	Altres usos	CALENER VyP CALENER GT CE3 CE ³ X

Taula 1. Procediments de certificació energètica en funció del tipus d'edifici. Font [13]

D'entre els procediments anteriorment llistats es distingeixen dos tipus, en funció del mètode de càlcul emprat:

- Mètode general: és el procediment de referència pel càlcul d'eficiència energètica tant en edificis nous com en edificis existents. En aquest cas, el software calcula directament el consum energètic anual de l'edifici a partir de les dades detallades d'envolupant tèrmica i instal·lacions que introdueix l'usuari. És el cas dels programes CALENER VyP i CALENER GT.
- Mètode simplificat: el resultat de la certificació es fonamenta en la comparació de l'edifici objecte de la certificació i una base de dades que ha sigut elaborada per cadascuna de les ciutats representatives de les zones climàtiques, amb els resultats obtinguts gràcies a la realització d'un gran nombre de simulacions amb CALENER. Aquesta base de dades és suficientment gran com per representar qualsevol edifici de l'Estat. D'aquesta manera, el software parametriza les dades introduïdes per l'usuari i les compara amb les característiques dels casos recollits per la base de dades, buscant les simulacions amb les característiques més similars les de l'edifici objecte i realitzant interpolacions per les demandes de calefacció i refrigeració. És el cas de la resta de programes llistats a la Taula 1.

Gràcies a la fiabilitat provada i la simplificació del procés de càlcul dels programes que fan servir mètodes simplificats, aquests experimenten actualment una gran popularitat en el món de les certificacions energètiques. És per això que, donades les característiques de l'edifici objecte del present estudi (edifici existent amb ús terciari), s'ha decidit fer servir el programa CE³X.

CE³X és un programa gratuït, propietat dels ministeris i creat per l'empresa Efinovatic i el Centre Nacional d'Energies Renovables (CENER) amb l'objectiu de subministrar una eina de certificació energètica als tècnics que facilités la seva feina, alhora que s'adapta a l'evolució del sector, gràcies a la instal·lació de complements que permeten ampliar les seves funcionalitats.

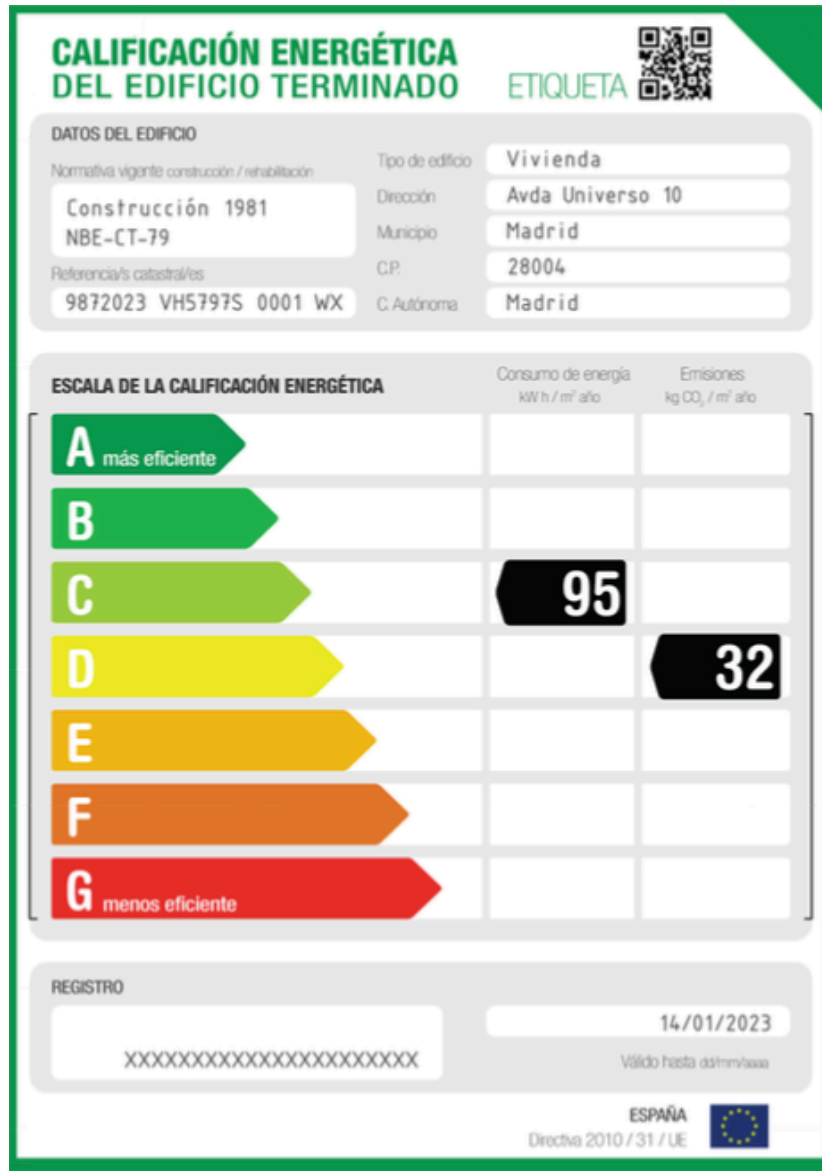
2.2.2. L'etiqueta energètica

Un cop obtingut el resultat de la qualificació energètica d'un edifici, la forma en què aquesta informació es mostra al públic en general està homologada en forma d'etiqueta d'eficiència energètica. Per exemple, és obligatori incloure aquesta etiqueta a tota la publicitat de venda o lloguer d'edificis o parts d'edificis, siguin nous o existents.

Aquesta etiqueta resumeix la informació del certificat energètic. Aquesta consta principalment del consum total d'energia en kWh/m² i les emissions en kgCO₂/m². A més, cadascun d'aquests paràmetres es troba classificat en una escala de la A a la G, on la A indica la major eficiència energètica i la G la menor. Cal

destacar que aquestes qualificacions poden ser diferents, ja que s'ha de considerar l'origen de l'energia consumida a l'edifici, sent possible una baixa qualificació en emissions en un edifici energèticament eficient per culpa d'unes fonts energètiques altament contaminants.

La resta d'apartats que ha d'incloure l'etiqueta energètica es detallen al document oficial, que es pot consultar a l'Annex IV. La següent figura mostra el model homologat de l'etiqueta energètica:



CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación: Construcción 1981 NBE-CT-79

Referencia/s catastral/es: 9872023 VH5797S 0001 WX

Tipo de edificio: Vivienda

Dirección: Avda Universo 10

Municipio: Madrid

C.P.: 28004

C. Autónoma: Madrid

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m ² año	Emissiones kg CO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C	95	
D		32
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

14/01/2023

Válido hasta destrucción

ESPAÑA

Directiva 2010 / 31 / UE

Figura 1. Model homologat d'etiqueta d'eficiència energètica. Font [17]

En el cas d'edificis d'ús terciari, el càlcul de la qualificació d'eficiència energètica de l'edifici es fa seguint la relació indicada a la Taula 2, on l'índex de qualificació d'eficiència energètica, C, és el quocient entre les emissions anuals de CO₂ o el

consum anual d'energia primària no renovable de l'edifici a certificar (depenent del paràmetre a certificar) i el valor propi de l'edifici de referència (considerat com aquell que compleix unes determinades condicions normatives).

Qualificació d'eficiència energètica de l'edifici	Índex de qualificació d'eficiència energètica
A	$C < 0,40$
B	$0,40 \leq C < 0,65$
C	$0,65 \leq C < 1,00$
D	$1,00 \leq C < 1,30$
E	$1,30 \leq C < 1,60$
F	$1,60 \leq C < 2,00$
G	$2 \leq C$

Taula 2. Relació entre qualificació d'eficiència energètica i índex de qualificació d'eficiència energètica per edificis d'ús terciari. Font [17]

2.3. Situació actual

Des de l'any 2014, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo crea uns informes semestrals per tal d'analitzar l'evolució en el nombre d'edificis certificats energèticament, diferenciant entre edificis nous i existents, i classificant els resultats per comunitat autònoma.

A partir de les dades presents a l'últim informe presentat, corresponent a gener del 2015, es poden veure algunes tendències referents a les qualificacions energètiques en emissions.

Destaca que les qualificacions d'eficiència energètica més comunes, relatives a les emissions, entre els edificis nous són D (33%) i E (41%), tot i que es preveu que aquesta tendència canviï en un futur pròxim per la modificació del Codi Tècnic de l'Edificació, mitjançant la qual s'actualitzaran els requeriments mínims d'eficiència energètica per a edificis nous. Per contra, en els edificis existents les més habituals són G (25%) i E (46%) les quals experimenten, a més, un creixement important respecte l'informe anterior.

Queda, per tant, patent que la tendència és una millora de l'eficiència energètica dels edificis nous respecte als existents en el parc immobiliari espanyol. Amb tot, cal destacar que encara és una situació allunyada de l'ideal, ja que el nombre d'edificis amb qualificacions A, B o C és molt baix.

Per a més informació sobre, per exemple, la distribució de les qualificacions per comunitats autònomes es recomana consultar l'informe (font [15]).

A continuació es mostra un gràfic amb la distribució, total i relativa, de qualificacions en emissions per edificis existents:

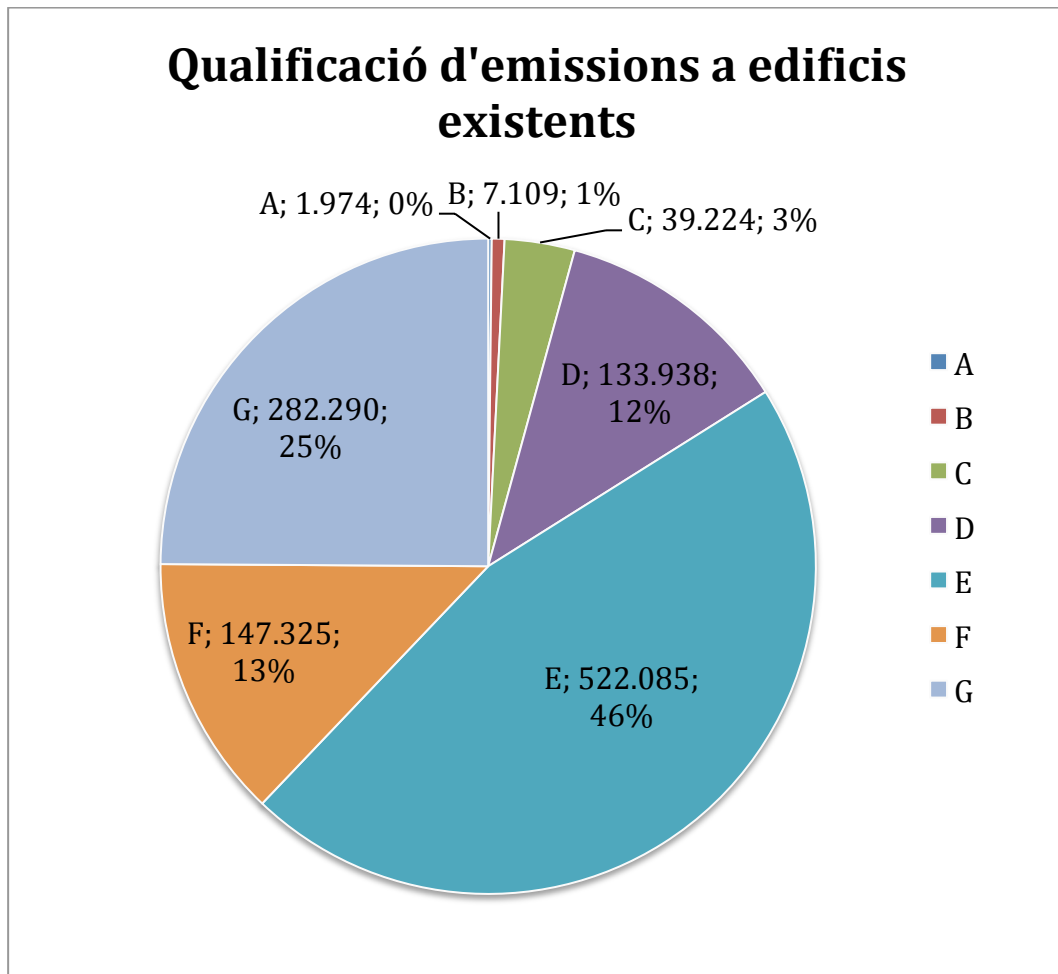


Figura 2. Distribució de qualificacions energètiques d'emissions al parc immobiliari espanyol. Font [15]

3. Descripció de l'edifici

La Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (FOOT), també anomenada Escola Universitària d'Òptica i Optometria de Terrassa (EUOOT), es troba al Carrer Violinista Vellsola 37 i pertany, amb el codi TR8, al Campus de Terrassa de la Universitat Politècnica de Catalunya.

L'edifici data de l'any 1992, és a dir, relativament recent, fet que facilita l'obtenció de dades constructives.

L'activitat principal de les seves quatre plantes és la docència, en horari de 8 del matí a 8 de la tarda, amb l'excepció de períodes vacacionals com el mes d'agost, en el que l'edifici roman tancat. Actualment hi estudien uns 500 alumnes, repartits entre les titulacions de primer, segon i tercer cicle. Cal destacar, a més, que es tracta de l'única escola universitària a Catalunya que ofereix estudis en l'àmbit de l'òptica i l'optometria.

4. Metodologia aplicada

En aquest apartat es descriuran els mètodes aplicats en la realització del present estudi per tal d'obtenir i analitzar les diferents certificacions energètiques de l'edifici objecte de l'estudi. A més, s'inclouran la informació que es consideri necessària per tal de facilitar l'entesa de cadascuna de les fases i processos que conformen l'estudi.

4.1. Recollida d'informació

La primera fase de l'estudi consisteix en la recopilació de la màxima quantitat de informació constructiva de l'edifici objecte de l'estudi, per tal d'agilitzar la posterior introducció i tractament de dades. Aquestes dades provenen majoritàriament de dues fonts: la principal han sigut els documents (plànols, memòria constructiva, etc.) proporcionats pel servei d'obres i manteniment del Campus de Terrassa i, alternativament, també ha estat necessària l'obtenció de dades o mesures in situ a la FOOT.

D'altra banda, també s'ha dut a terme una recerca bibliogràfica, especialment de legislació relativa a les certificacions energètiques, per tal d'aportar context legislatiu i històric a l'estudi. També forma part d'aquesta recerca la recopilació dels diferents manuals de funcionament del software utilitzat per a les certificacions energètiques d'edificis existents (CE³X).

Finalment, s'han obtingut els consums reals de l'edifici mitjançant el sistema de monitorització de consums energètics de la UPC (SIRENA).

4.2. Certificació mitjançant mètodes simplificats (CE³X)

En aquest estudi es duran a terme dues certificacions per mètodes simplificats, la principal diferència entre les dues serà el nivell de detall i exactitud de les dades introduïdes i, per tant, la quantitat de temps i recursos dedicats.

En una primera certificació, anomenada certificació exhaustiva, es modelitzarà l'envolupant tèrmica de l'edifici amb el màxim nivell de detall possible, és a dir, tenint en compte tots els patrons d'ombra, contactes amb espais no habitables, finestres, etc.

Contràriament, a la segona certificació (certificació bàsica) es faran una sèrie de simplificacions en la modelització de l'envolupant tèrmica per tal de facilitar el procés d'obtenció i introducció de dades. Aquestes simplificacions es detallen a l'apartat 6.

El procés d'introducció de dades al programa CE³X consta dels següents apartats:

4.2.1. Dades administratives

En aquest primer apartat s'introdueixen les dades que, tot i no tenir rellevància en el resultat de la certificació, serveixen per definir els tres elements principals que intervenen en la certificació energètica de l'edifici. Es divideixen en:

- **Dades de l'edifici:** Inclou el nom i la localització de l'edifici (adreça, província, municipi i codi postal) així com la referència cadastral (codi identificador de l'edifici al registre immobiliari estatal), dada per la qual caldrà consultar el document del cadastre de l'edifici objecte de l'estudi, inclòs a l'Annex I.
- **Dades del client:** Conté les dades principals de la persona o entitat que ha encarregat el certificat energètic: nom o raó social, adreça, província, municipi, codi postal, telèfon i e-mail.
- **Dades del tècnic certificador:** Dades personals del tècnic responsable de la certificació energètica, incloent la titulació habilitant segons la normativa vigent².

4.2.2. Dades generals

Aquesta secció consta de les dades relatives a la totalitat de l'edifici i que, a diferència de l'apartat anterior, sí que tenen repercussió sobre el resultat de la certificació energètica. Es divideixen en dos blocs, dades generals i definició de l'edifici. El primer bloc està format per:

- **Normativa vigent:** Codi de la normativa d'edificació vigent en la data de projecció de l'edifici, introduïda de manera directa o mitjançant l'any de construcció. El programa utilitzarà aquesta dada per estimar dades que no hagi pogut introduir el certificador, basant-se en el pitjor valor contemplat per la normativa seleccionada.
- **Tipus d'edifici:** Aquest camp variarà en funció de si la certificació te per objecte un edifici residencial o d'ús terciari. En el cas d'aquest estudi (edifici gran terciari), les dues opcions disponibles són fer la certificació de l'edifici complet o només d'un local.
- **Perfil d'ús:** En el cas dels edificis d'ús terciari, aquesta secció permet especificar les seves hores d'ús (8, 12, 16 o 24 hores) així com la intensitat (baixa, mitjana o alta).
- **Zona climàtica:** Mitjançant la introducció de la província i el municipi en què es troba l'edifici, el programa defineix la zona climàtica més apropiada. Aquesta dada servirà per seleccionar el model de consums més indicat per la situació de l'edifici.

² Titulacions habilitants llistades a l'apartat 2.2.

La definició de l'edifici consta de:

- **Superfície útil habitable:** Suma de la superfície útil (climatitzada) de cadascuna de les plantes de l'edifici.
- **Altura lliure de planta:** Mitjana ponderada per les superfícies de les distàncies interiors entre el terra i el sostre.
- **Nombre de plantes habitables:** Nombre de plantes en les que es distribueix la superfície total habitable.
- **Consum total diari d'ACS:** En el cas d'edificis d'ús terciari, consum mitjà diari d'aigua calenta sanitària.
- **Massa de les particions:** Permet triar entre tres opcions (lleugera, mitja o pesada) de massa dels forjats i particions interiors.

4.2.3. Envolupant tèrmica

Es defineix la envolupant tèrmica com aquells elements que limiten l'espai útil habitable de l'edifici amb elements externs, és a dir, aire exterior, terreny o espai no habitable.

El software utilitzat divideix l'envolupant tèrmica en els següents elements i tipus:

- **Coberta:** Tot aquell tancament horitzontal que sigui la cota més alta de la secció de l'edifici estudiada. Pot estar en contacte amb l'aire exterior o ser soterrada (en contacta amb el terreny).
- **Mur:** Tancament vertical que separa l'edifici objecte de l'estudi de l'aire exterior (mur de façana), del terreny (mur en contacte amb el terreny) o d'un altre edifici (mur mitjanera).
- **Sòl:** Tancament horitzontal que suposi la cota més baixa de la secció de l'edifici estudiada. Igual que la coberta, pot estar en contacte amb el terreny o amb l'aire exterior.
- **Partició interior:** Són tots aquells elements de l'envolupant de l'edifici que separen l'espai habitable de l'edifici de l'espai no habitable. Aquests poden ser verticals, horitzontals amb espai no habitable superior o horitzontals amb espai no habitable inferior.
- **Buit o claraboia:** Obertures, protegides generalment per vidres, en murs (buit) o en cobertes (claraboies), principalment finestres i portes.
- **Pont tèrmic:** Es defineixen com les discontinuïtats en les propietats tèrmiques a l'envolupant, principalment degudes a la intersecció entre els diversos elements d'aquesta. El programa permet la introducció de ponts tèrmics per defecte, que serà l'opció escollida en les diferents certificacions energètiques d'aquest estudi.

A més, el programa també permet la introducció de patrons d'ombra per tal de modelitzar el perfil d'obstacles remots, siguin elements externs o propis de l'edifici, que suposen una pèrdua en la quantitat de radiació solar incident sobre l'edifici estudiat. Evidentment, aquesta característica només es troba disponible per aquells elements de l'envolupant tèrmica exposats a la radiació solar directa.

La introducció de dades es fa a través dels càlculs dels angles de desviació de l'obstacle, des del centre de l'element ombrejat, al pla horitzontal (respecte el sud) i al pla vertical. Alternativament, existeix la possibilitat de fer servir un mètode simplificat per obstacles rectangulars. Per a més informació i exemples es recomana consultar el manual d'usuari del CE³X (font [18]).

4.2.4. Instal·lacions

Un altre aspecte per determinar l'eficiència energètica de l'edifici estudiat són les instal·lacions que aquest conté. El tipus d'instal·lacions que el programa permet introduir depèn del tipus d'edifici. A continuació es llisten les categories d'instal·lacions disponibles per edificis de tipus gran terciari:

- Equip d'ACS.
- Equip de només calefacció.
- Equip de només refrigeració.
- Equip de calefacció i refrigeració.
- Equip mixt de calefacció i ACS.
- Equip mixt de calefacció, refrigeració i ACS.
- Contribucions energètiques.
- Equips d'enllumenat.
- Equips d'aire primari.
- Ventilador.
- Equips de bombeig.
- Torres de refrigeració.

4.2.5. Qualificació obtinguda

Un cop introduïdes totes les dades necessàries per modelar la totalitat de l'edifici i les seves instal·lacions al programa, aquest retorna una qualificació energètica per l'edifici. Això ho aconsegueix mitjançant un procés el qual adimensionalitza les dades introduïdes, les compara amb una base de dades construïda a partir de cadascuna de les ciutats representatives de les zones climàtiques i finalment realitza una sèrie de simulacions i interpolacions que resulten en un indicador global de l'eficiència energètica, així com indicadors parcials referents als diferents sistemes d'instal·lacions de l'edifici. A més, cada indicador, total o parcial, porta associat les emissions anuals de CO₂ per unitat de superfície o el consum anual d'energia en kWh/m².

4.3. Certificació a partir de consums reals

En aquesta última certificació es faran servir les dades de consums reals de l'edifici, obtingudes mitjançant el sistema de monitorització de consums energètics de la UPC (SIRENA). En concret, aquestes dades consisteixen en els consums mensuals d'electricitat i gas a l'edifici TR8

Després d'una primera anàlisi de les dades disponibles, en la que s'estudiarà la tendència general d'aquestes, es valorarà el període ideal per realitzar la certificació energètica.

A continuació es farà la mitjana mes a mes de cadascun dels consums estudiats (electricitat i gas) entre els diferents anys que composin el període anteriorment seleccionat. D'aquesta manera es contemplen els diferents consums de cada mes que, previsiblement, seran bastant dispars. A més, també es tenen en compte les variacions en el consum que poden existir per un mateix mes entre els diversos anys, provocades, per exemple, per canvis en la temperatura o pel nombre de dies festius.

Finalment, el consum total serà la suma de les mitjanes de cada mes, dividida per la superfície habitable de l'edifici.

A l'hora de comparar els resultats de les diferents certificacions s'ha de tenir en compte el tipus d'energia en què cadascun dels mètodes ofereix els seus resultats. En la següent figura es mostra la relació entre aquests tipus d'energia, tot senyalant quin utilitza cada mètode:

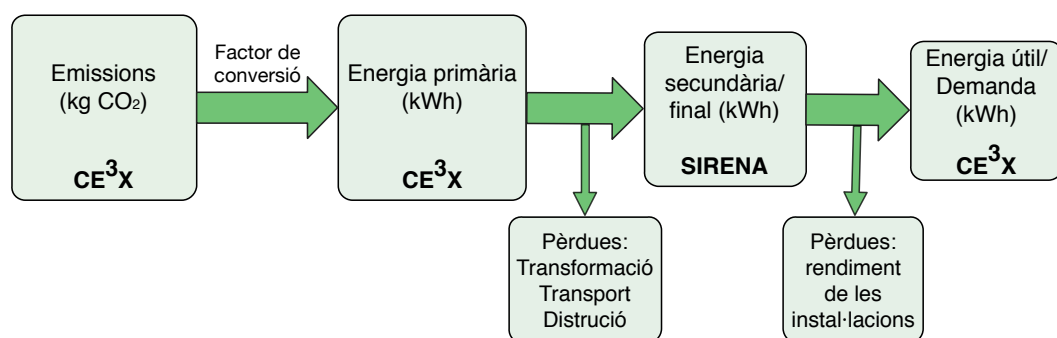


Figura 3. Relació entre els diferents tipus d'energia

De la figura anterior cal destacar que el factor de conversió que relaciona les emissions amb l'energia primària té relació amb el mix energètic de l'energia que arriba a l'edifici. És a dir, aquest factor de conversió serà funció de la combinació de fonts d'energia origen que composin l'energia subministrada a l'edifici.

Com es pot veure, les certificacions fetes amb CE³X ofereixen resultats en quantitat d'emissions (qualificació energètica), energia primària (qualificació del

consum) i energia útil (demanda de calefacció i refrigeració). D'altra banda, els consums monitoritzats al SIRENA són energia secundària. És per aquest motiu que serà necessari homogeneïtzar els resultats de les diverses certificacions per tal que estiguin expressats en el mateix tipus d'energia i es puguin comparar.

En aquest sentit, els factors de conversió que s'utilitzaran per a aquestes transformacions són els mateixos que fa servir internament el programa CE³X en les seves certificacions. Aquests han sigut extrets de la font [14] i es poden consultar a l'annex VI. Els que es faran servir al present estudi són:

	kWh energia primària/ kWh energia final	Kg CO ₂ / kWh energia final
Electricitat convencional peninsular	2,61	0,649
Gas natural	1,01	0,204

Taula 3. Factors de conversió entre energia primària, secundària i emissions. Font [14]

5. Certificació exhaustiva

5.1. Dades generals

En aquest primer apartat de la certificació energètica la majoria de dades s'ha obtingut directament dels plànols i de la memòria constructiva però es creu necessari destacar alguns aspectes:

Primerament, d'entre les opcions disponibles pel perfil d'ús, s'ha escollit una intensitat mitjana i 12 hores diàries ja que la utilitat principal de l'edifici és la docència durant matins i tardes.

En quant a la superfície habitable de l'edifici s'ha dut a terme un càlcul tenint en compte només aquelles cambres climatitzades de cadascuna de les plantes. En aquest sentit, per exemple no s'ha considerat superfície habitable els habitables de manteniment de la primera planta (com el quadre elèctric o diferents magatzems) ja que no es troben climatitzats. En canvi, el rac informàtic sí que es considera superfície útil perquè necessita una temperatura controlada. Això comportarà la introducció de particions interiors verticals, com es veurà en capítols posteriors. Amb tot, la superfície habitable total és 5333,03m².

Les dades introduïdes són les següents:

Dades generals

Normativa vigent	NBE-CT-79	?	Any construcció	1992	
Tipus d'edifici	Edifici complet		Perfil d'ús	Intensitat Mitja - 12h	
Província/Ciutat autònoma	Barcelona		Municipi	Terrassa	
			Zona climàtica	C1	HE-1 HE-4 / HE-5

Definició edifici

Superfície útil habitable	5333.03	m2
Altura lliure de planta	3.16	m
Nombre de plantes habitables	4	
Consum total diari d'ACS	20	l/dia
Massa de les particions	Mitja	

☐ S'ha assajat l'estanqueïtat de l'edifici



Imatge de l'edifici



Plànol de situació

Figura 4. Introducció de dades generals al CE³X

5.2. Envolupant tèrmica de l'edifici

Per tal de facilitar l'enteniment de les dades introduïdes en aquest apartat, s'ha dividit l'edifici en quatre façanes (A, B, C i D) i s'han numerat els patis interiors, com es pot veure a la següent figura:

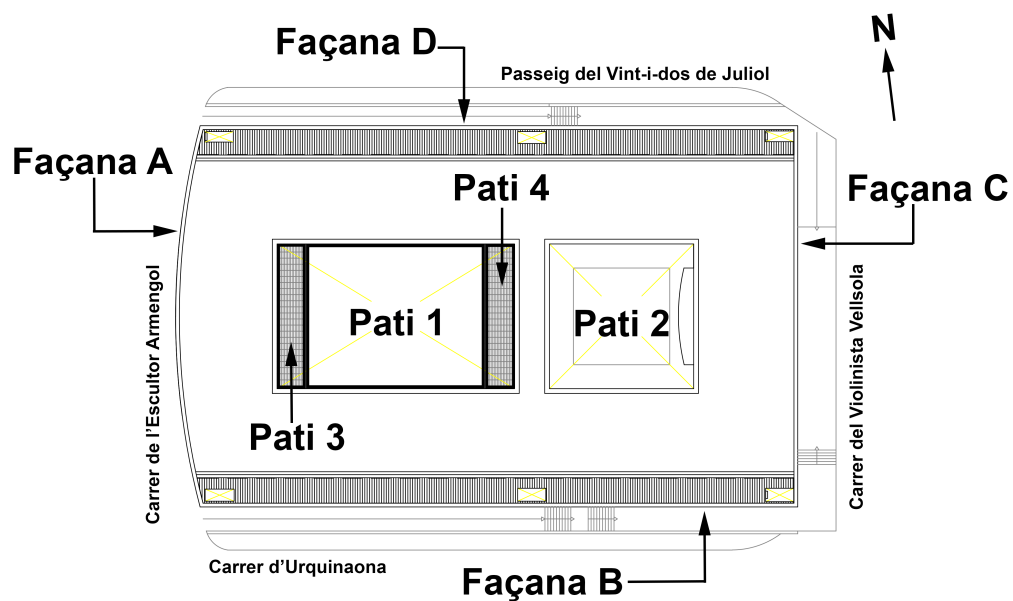


Figura 5. Distribució patis i façanes

5.2.1. Materials

En aquest apartat es detallen els materials que componen cada element de l'envolupant tèrmica, així com el valor de la seva transmitància tèrmica.

Es faran servir diferents mètodes per conèixer els valors de les transmitàncies tèrmiques, depenent de la informació disponible per cada element:

- Memòria constructiva: valor de transmitància tèrmica obtingut directament de la memòria constructiva de l'edifici. En alguns casos és necessari conèixer altres valors, com la densitat del material.
- Llibreries: mètode utilitzat per aquells elements la composició dels quals sigui coneguda però no la transmitància tèrmica. El programa estima el valor de la transmitància tèrmica a partir de la composició.
- Per defecte: en cas que no es conegui més dades de l'element, el programa estimarà el valor de la transmitància tèrmica basant-se en el pitjor valor admès pel codi tècnic aplicat a l'edifici.

Element de l'envolupant tèrmica	Composició	Transmitància tèrmica [W/m^2K] (mètode d'obtenció)
Façana en contacte amb aire	Paret portadora de gero, a cara vista, de 7cm de gruix amb junta encarada formada amb morter hidrofugat de CP, cambra d'aire plena de manta de fibra de vidre de 60mm i envanot interior de totxana o pitxolí segons els casos.	0,75 (memòria constructiva)
Coberta	Acabat invertit a base de formigó cel·lular en formació de pendents, tela de PVC, 4cm d'aïllament Styrodur, o similar, i llit de palet de riera.	1,2 (per defecte)
Vidres finestres i portes	Simplex de 6mm de gruix.	5,80 (memòria constructiva)
Fusteria exterior	Perfilaria metàl·lica DVP sèrie B 50mm.	5,70 (llibreria de marcs)
Divisions interiors	Maó senzill o de totxana de 10cm de gruix, amb morter de CP, excepte les dues últimes filades (morter de calç).	1,6 (per defecte)

Taula 4. Composició i transmitància tèrmica dels diferents elements de l'envolupant

Si no s'especifica el contrari a l'apartat corresponent, els valors de transmitància tèrmica indicats a la taula anterior seran els assignats a tots els components que composin l'element corresponent de l'envolupant tèrmica.

Aquells elements de l'envolupant tèrmica de l'edifici els quals, davant la falta d'informació disponible a la memòria constructiva, no apareguin a la taula anterior se'ls assignarà valors per defecte de transmitància tèrmica.

5.2.2. Patrons d'ombra

Es poden diferenciar dos tipus d'ombres, les degudes a obstacles externs a l'edifici estudiat i les produïdes entre elements del propi edifici.

Del primer tipus no en trobem cap, ja que els edificis i obstacles que voltegen la FOOT són d'una altura relativament baixa i es troben a una distància suficient perquè la seva ombra no arribi a afectar cap façana ni coberta de l'immoble estudiat.

Pel que fa a les ombres entre els diferents elements del propi edifici, se'n troben diverses, produïdes principalment entre els diferents murs de cadascun dels patis interiors. A continuació es detallen les característiques dels patrons d'ombra que s'han modelitzat en aquest estudi:

Denominació	Element ombrejat	Obstacles
F-C	Façana C aire	Portes Façana C N
C-Conserg	Coberta consergeria	Mur O Pati 2
C-P4	Coberta pati 4	Mur N Pati 4
		Mur S Pati 4
		Mur E Pati 4
		Mur O Pati 4
M-E-P2 M-S-P2	Mur E Pati 2 Mur S Pati 2	Per a cadascun, la resta de murs del pati sense incloure el propi element ombrejat.
M-E-P1 M-S-P1	Mur E Pati 1 Mur S Pati 1	Per a cadascun, la resta de murs del pati sense incloure el propi element ombrejat.

M-E-P3 M-N-P3 M-O-P3 M-S-P3	Mur E Pati 3 Mur N Pati 3 Mur O Pati 3 Mur S Pati 3	Per a cadascun, la resta de murs del pati sense incloure el propi element ombrejat.
M-E-P4 M-N-P4 M-O-P4 M-S-P4	Mur E Pati 4 Mur N Pati 4 Mur O Pati 4 Mur S Pati 4	Per a cadascun, la resta de murs del pati sense incloure el propi element ombrejat.

Taula 5. Característiques dels patrons d'ombra

Els últims vuit patrons d'ombra corresponen a murs dels patis 3 i 4, que són patis interiors, als extrems del pati 1 i dos nivells per sota d'aquest. Per tant, es troben gairebé sempre ombrejats i per això tots els seus murs tenen un patró d'ombra.



Figura 6. Fotografia del pati 3

5.2.3. Cobertes

A més d'una coberta principal superior plana, l'edifici disposa de tres cobertes planes addicionals a causa dels patis interiors. Com que sota dels patis trobem plantes habitables, el sòl d'aquests esdevé coberta de l'edifici sempre que al nivell immediatament inferior hi hagi espai habitable, motiu pel qual només una secció del sòl del pati 2 és coberta. Finalment, com que l'habitable de consergeria sobresurt parcialment pel pati 2, la part de sostre d'aquest espai que es troba en contacte amb l'aire exterior també és considerada coberta de l'edifici.

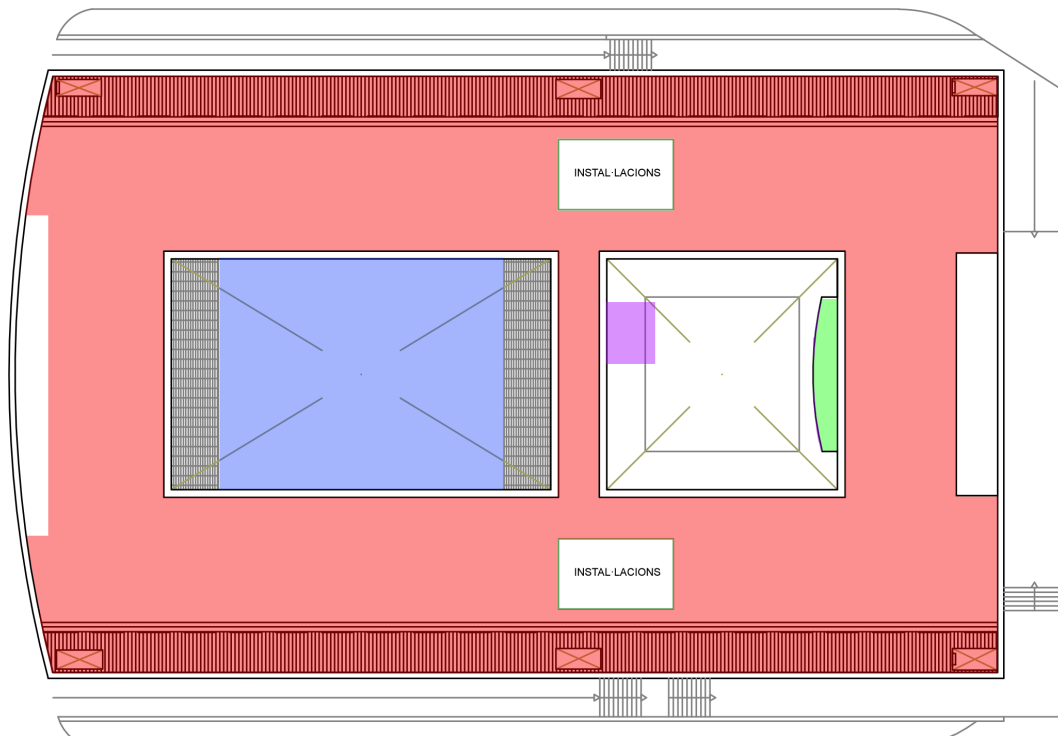


Figura 7. Esquema de les cobertes de l'edifici

Cal destacar l'espai exclòs de la coberta principal a la zona oest de l'edifici. Això és degut a la situació de les finestres de la façana A. Com es pot veure a la Figura 8, aquestes entren lleugerament dins la planta de l'edifici i, per tant, resulta una part de la coberta principal que no actua com a tal degut a l'absència d'espai habitable a sota. Com es veurà més endavant, aquesta zona actuarà de volada sobre les finestres.

En conseqüència, i com que les finestres no arriben fins al nivell del terra, existeix una zona per sota d'aquest bloc de finestres que actua com a coberta de la planta 0, tal com es mostra a la Figura 9.

A la zona est de l'edifici trobem una situació molt similar a la façana C, on una zona de la coberta no actua com a tal sinó com a volada.



Figura 8. Fotografia de la façana A

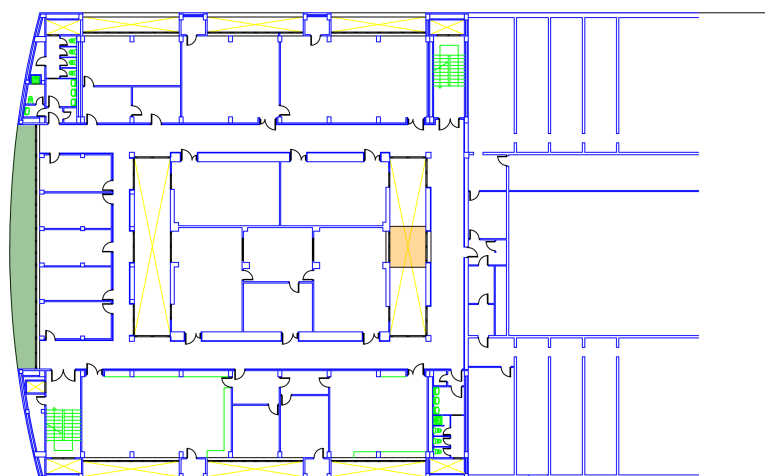








Figura 9. Esquema de les cobertes a la planta 1

Denominació	Color associat	Contacte	Superfície [m ²]	Patró d'ombra
Coberta principal	  (Figura 9)	Aire	1685,18	-
Coberta consergeria		Aire	14,19	C-Conserg
Coberta pati 1		Aire	282,28	-
Coberta pati 2		Aire	13	-
Coberta Pati 4		Aire	10,65	C-P4

Taula 6. Característiques de les cobertes

5.2.4. Murs

En aquest apartat es detallaran les característiques dels murs que componen la FOOT. A causa del desnivell sobre el que es troba l'edifici objecte de l'estudi, cal dividir el mur de tres de les quatre façanes principals en una part que es troba en contacte amb l'aire exterior i una altra que es troba soterrada. A més d'aquests, també s'inclouen els murs dels dos patis interiors, ja que aquests són oberts per la part superior i, per tant, es troben en contacte amb l'aire exterior.

A les següents taules i figures s'especifiquen els detalls de cada façana i mur:

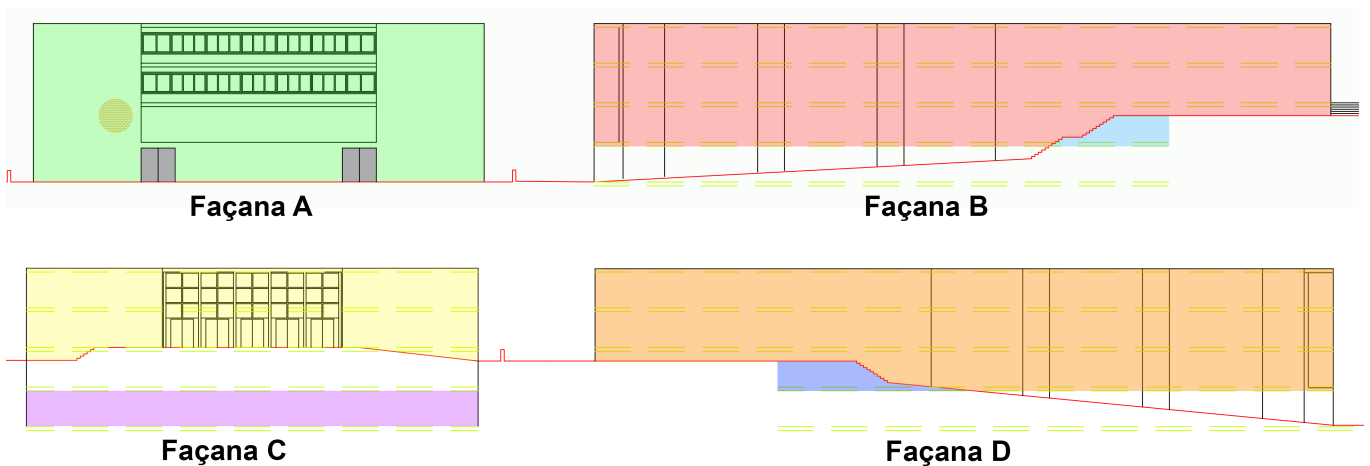


Figura 10. Esquema de les façanes de l'edifici

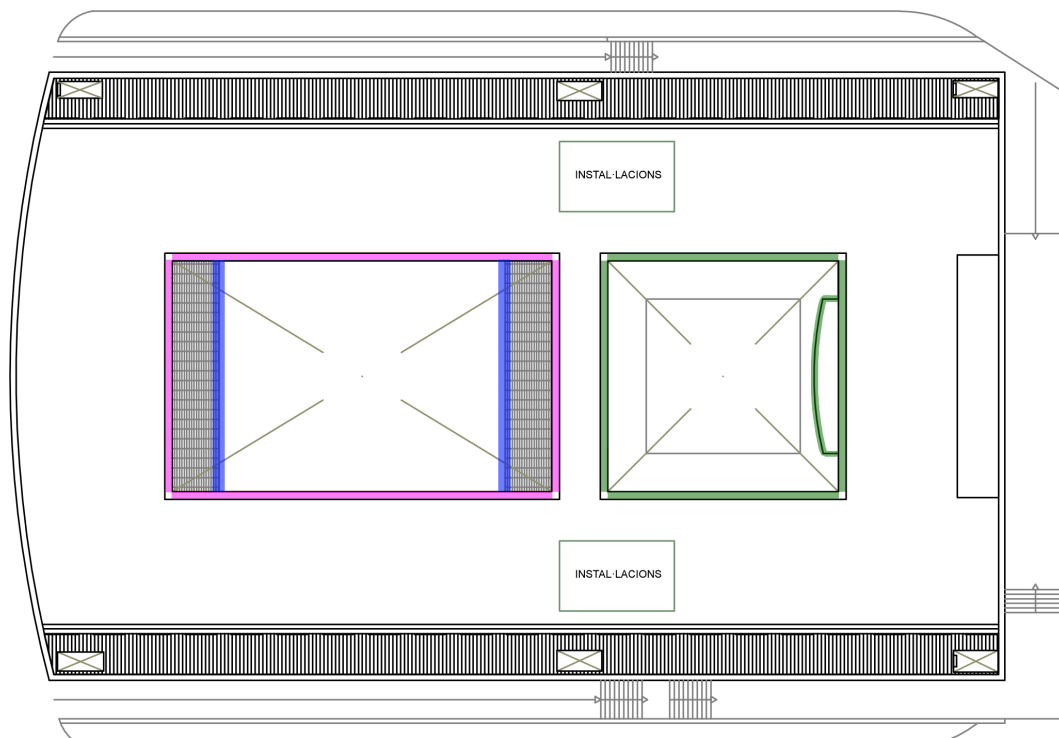

























Figura 11. Esquema dels murs dels patis interiors

Denominació	Color associat	Contacte	Orientació	Superfície [m ²]	Patró d'ombra
Façana A		Aire	Oest	545,08	-
Façana B aire		Aire	Sud	632,58	-
Façana B terreny		Terreny	-	16,05	-
Façana C aire		Aire	Est	290,71	F-C
Façana C terreny		Terreny	-	125,45	-
Façana D aire		Aire	Nord	621,25	-
Façana D terreny		Terreny	-	20,46	-
Mur N Pati 1		Aire	Nord	173,6	-
Mur E Pati 1		Aire	Est	105,7	M-E-P1
Mur S Pati 1		Aire	Sud	173,6	M-S-P1
Mur O Pati 1		Aire	Oest	105,7	-
Mur N Pati 2		Aire	Nord	109	-
Mur E Pati 2		Aire	Est	105,7	M-E-P2
Mur S Pati 2		Aire	Sud	109	M-S-P2
Mur O Pati 2		Aire	Oest	106,05	-
Mur N Pati 3		Aire	Nord	20,38	M-N-P3
Mur E Pati 3		Aire	Est	100,57	M-E-P3
Mur S Pati 3		Aire	Sud	20,38	M-S-P3
Mur O Pati 3		Aire	Oest	100,57	M-O-P3
Mur N Pati 4		Aire	Nord	30,05	M-N-P4
Mur E Pati 4		Aire	Est	89,57	M-E-P4
Mur S Pati 4		Aire	Sud	30,05	M-S-P4
Mur O Pati 4		Aire	Oest	89,57	M-O-P4

Taula 7. Característiques del murs principals

A més d'aquests murs també s'han inclòs els perpendiculars a les finestres de la cadascuna de les façanes de l'edifici. Tot i que el programa inclou una opció per modelitzar les finestres amb reculada, s'ha decidit incloure cadascun dels murs de manera individual com a mur de façana ja que aquesta reculada és del bloc sencer de finestres i no de cadascuna de manera individual. S'ofereixen més detalls d'aquesta modelització a l'apartat de buits i claraboies. A continuació es mostren les fotografies i les característiques d'aquests murs:



Figura 12. Fotografia de les finestres a la façana D



Figura 13. Fotografia de l'entrada principal de l'edifici a la façana C

Façana	Quantitat	Orientació	Superfície unitària [m ²]
B	3	Oest	16,56
B	3	Est	16,56
D	3	Oest	16,56
D	3	Est	16,56
C	1	Nord	19,98
C	1	Sud	19,98
A	1	Nord	15,75
A	1	Sud	15,75

Taula 8. Característiques dels murs de reculada de finestres i portes

5.2.5. Buits i claraboies

La FOOT disposa d'un gran nombre de finestres tant a les façanes exteriors com als patis interiors. És, per tant, especialment rellevant la correcta modelització d'aquests elements per tal d'obtenir una qualificació energètica precisa.

En aquest sentit, s'ha decidit separar les finestres de les façanes A, B i D en dos grups, la filera superior i les dues inferiors. D'aquesta manera es pot afegir el dispositiu de protecció solar (volada) només a les afectades per aquest, és a dir, a la filera superior de cada bloc de finestres.

A més, s'ha modificat l'absortivitat per defecte dels marcs de totes les finestres perquè concordés amb el del seu color real, negre, a un valor de 0,96.

Denominació	Mur	Superfície total [m ²]	Percentatge de marc	Dispositiu de protecció solar
Finestres inferiors Façana A	Façana A	78,89	31,7	-
Portes Façana A	Façana A	18	100	-
Finestres superiors Façana A	Façana A	39,44	31,7	Volada
Finestres inferiors Façana B	Façana B aire	93,48	31,7	-
Finestres superiors Façana B	Façana B aire	46,74	31,7	Volada
Entrada Façana C	Façana C aire	81,59	27	Volada

Finestres inferiors Façana D	Façana D aire	93,48	31,7	-
Finestres superiors Façana D	Façana D aire	46,74	31,7	Volada
Finestres N Pati 2	Mur N Pati 2	41,34	20	-
Finestres E Pati 2	Mur E Pati 2	39,47	20	-
Finestres S Pati 2	Mur S Pati 2	41,34	20	-
Finestres O Pati 2	Mur O Pati 2	26	20	-
Finestres N Pati 1	Mur N Pati 1	64,06	20	-
Finestres S Pati 1	Mur S Pati 1	64,06	20	-
Finestres E Pati 1	Mur E Pati 1	42,9	20	-
Finestres O Pati 1	Mur O Pati 1	42,9	20	-
Finestres N P3	Mur N Pati 3	12,24	20	-
Finestres S P3	Mur S Pati 3	12,24	20	-
Finestres E P3	Mur E Pati 3	31,8	20	-
Finestres O P3	Mur O Pati 3	20,4	60	-
Finestres N P4	Mur N Pati 4	12,24	20	-
Finestres S P4	Mur S Pati 4	12,24	20	-
Finestres E P4	Mur E Pati 4	17	60	-
Finestres O P4	Mur O Pati 4	25,5	20	-

Taula 9. Característiques de buits i claraboies

En quant al percentatge de marc de cada buit, en els buits pertanyents a murs de la façana exterior aquest ha sigut calculat directament amb la informació dels plànols. Contràriament, el percentatge de marc de les finestres dels patis interiors s'ha decidit en base a algunes mesures in situ i a estimacions basades en el tipus de buit (finestres o portes).

5.2.6. Sòl

Com en el cas dels murs, el desnivell sobre el que es troba la FOOT també incorpora una certa complexitat a l'estudi dels sòls ja que provoca una diferència en la superfície de cada planta. D'aquesta manera, el sòl de l'edifici es troba repartit entre dues plantes. A continuació es detalla la superfície corresponent a cadascun dels nivells, tenint en compte la superfície habitable de cadascuna:

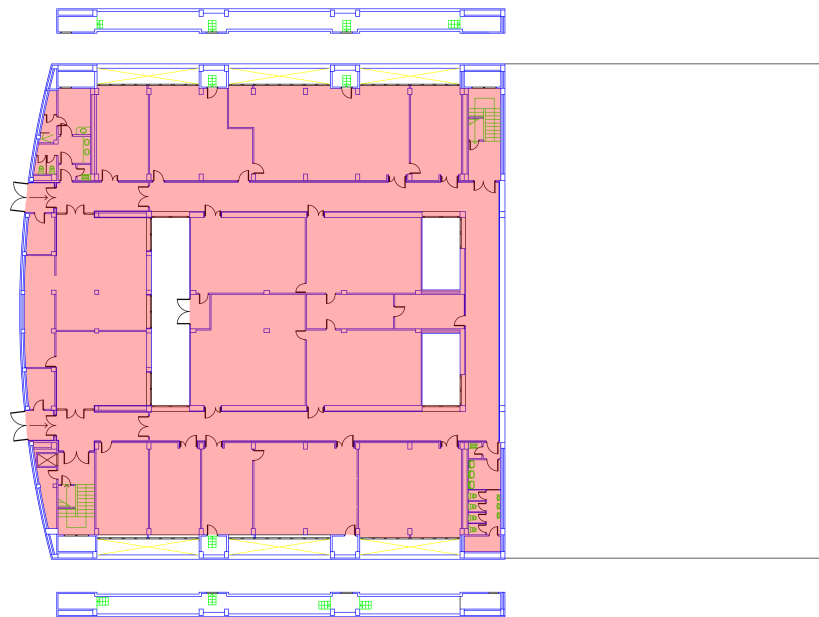


Figura 14. Esquema del sòl de la planta 0

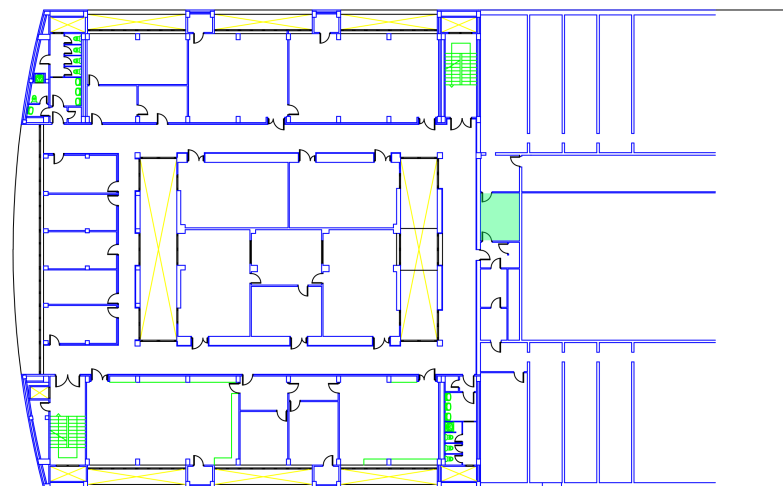




Figura 15. Esquema del sòl de la planta 1

Denominació	Color associat	Contacte	Superfície [m ²]
Sòl planta 0		Terreny	1093,4
Sòl planta 1		Terreny	13

Taula 10. Característiques dels sòls

5.2.7. Particions interiors

Com es pot observar a la Figura 16, al nivell 0 de la FOOT existeix una galeria de serveis en contacte amb el mur de les façanes B i D. Aquestes zones es consideren espais no habitables perquè no es troben climatitzades i, per tant, queden fora de l'abast d'aquest estudi. D'aquesta manera, els murs d'unió entre aquestes dues zones i l'interior de l'edifici objecte de l'estudi esdevenen particions interiors. Les característiques es troben a les següents taula i figures:

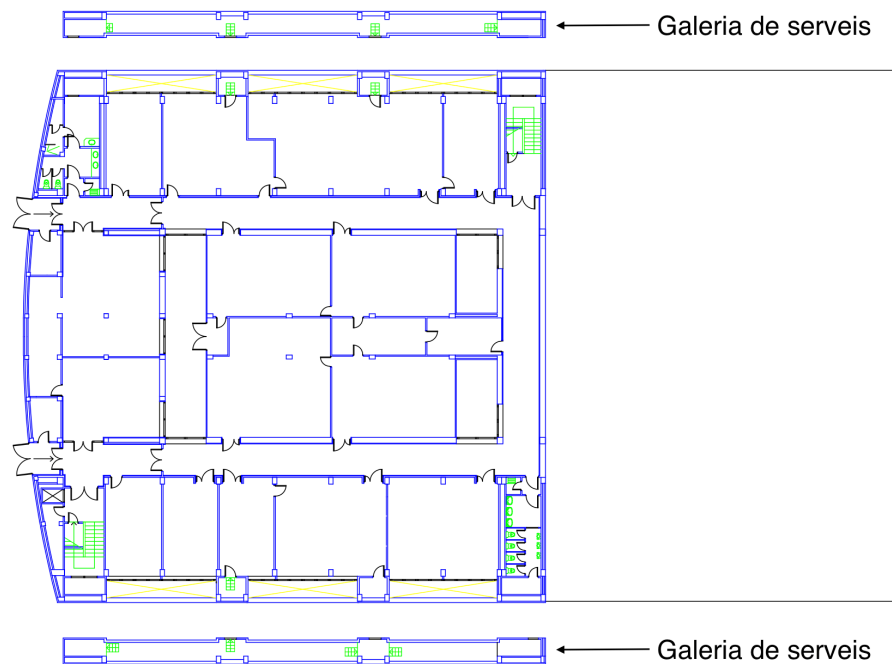


Figura 16. Esquema de la planta 0

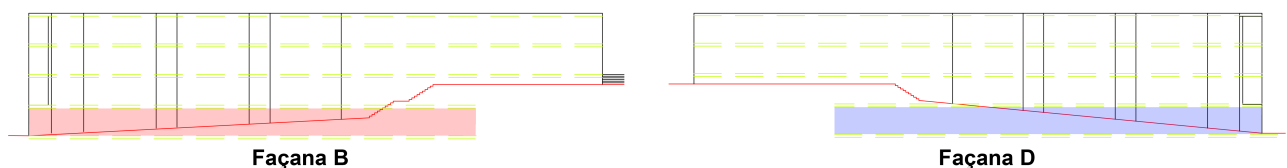


Figura 17. Esquema de les particions interiors a les façanes B i D

També existeix una partició interior vertical a l'extrem est de la primera planta, degut a que aquesta limita amb diversos magatzems i sales d'instal·lacions no climatitzades i que, per tant, no formen part de la superfície útil habitable de l'edifici.

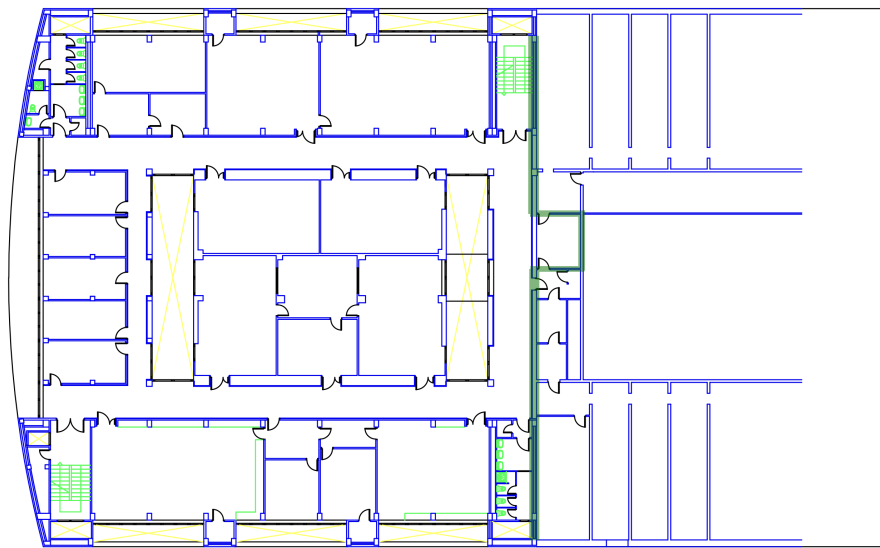





Figura 18. Esquema de les particions interiors a la primera planta

Denominació	Color associat	Superfície [m ²]
Contacte galeria de serveis B		177,2
Contacte galeria de serveis D		177,2
Partició Façana C		135,31

Taula 11. Característiques de les particions interiors verticals

En quant a les particions interiors horitzontals, en trobem les següents:

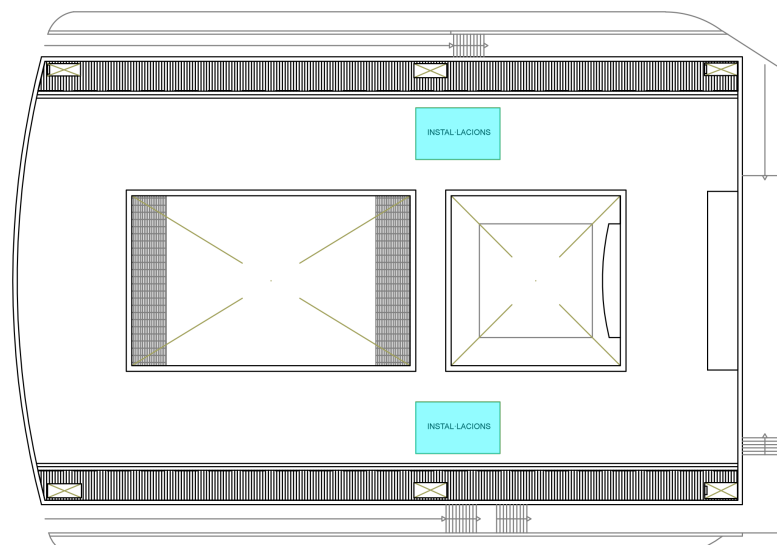


Figura 19. Esquema de les particions interiors horitzontals a la coberta principal

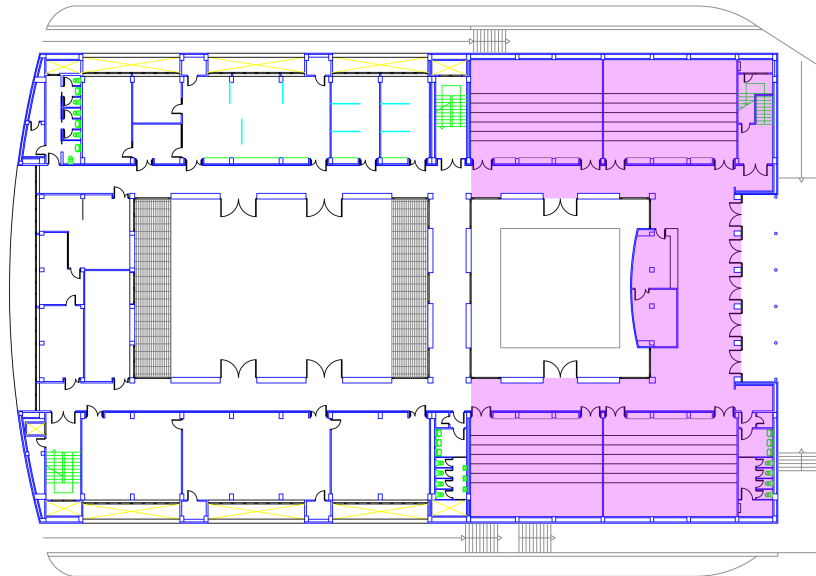




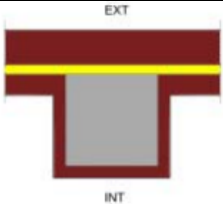
Figura 20. Esquema de les particions interiors horitzontals a la segona planta

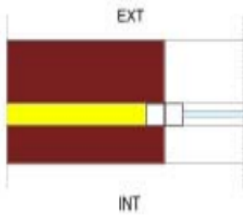
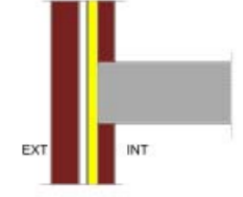
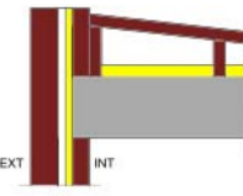
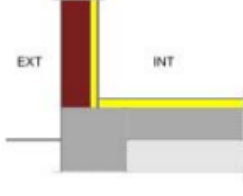
Denominació	Color associat	Situació espai NH	Superfície [m ²]
Particions coberta		Superior	68,7
Sòl Planta 2		Inferior	713,64

Taula 12. Característiques de les particions interiors horitzontals

5.2.8. Ponts tèrmics

Els ponts tèrmics s'han introduït mitjançant l'opció de carregar-los per defecte que proporciona el programa. Degut a l'elevat nombre de murs i buits que s'han modelitzat a la present certificació energètica, no es detallaran les característiques dels ponts tèrmics de cada element de l'envolupant tèrmica sinó que a continuació es mostra el llistat dels tipus de ponts tèrmics considerats amb la seva conductivitat tèrmica:

Tipus	Figura	Tipus de tancament associat	Conductivitat tèrmica [W/mK]
Pilar integrat en façana		Mur de façana	1,05

Contorn del buit		Buit	0,55
Trobada de façana amb forjat		Mur de façana	1,58
Trobada de façana amb coberta		Coberta en contacte amb aire	1,04
Trobada de façana amb solera		Sòl en contacte amb terreny	0,14

Taula 13. Característiques dels ponts tèrmics

5.3. Instal·lacions

D'entre els diversos grups d'instal·lacions que permet introduir el programa, en aquest apartat es descriuen les característiques d'aquells presents a l'edifici objecte de l'estudi. Les dades necessàries han sigut extretes, en la seva majoria, de les plaques o fitxes tècniques dels equips, de la memòria constructiva o del sistema de control de les instal·lacions del servei d'obres i manteniment (mostrat a la Figura 21 i a la Figura 24). Aquelles que no ha sigut possible trobar en aquestes fonts s'han introduït com a dades per defecte o estimades pel CE³X.

5.3.1. Equips d'aigua calenta sanitària (ACS)

L'edifici disposa d'un petit equip d'ACS per alimentar les dutxes de la planta 0. Les seves característiques:

Denominació	Tipus (combustible)	Antiguitat	Rendiment nominal
Equip ACS	Efecte Joule (electricitat)	Més de 10 anys	100%

Taula 14. Característiques dels equips d'ACS

El rendiment mitjà estacional de l'equip ha estat estimat pel programa tenint a partir de l'antiguitat de l'equip i el rendiment nominal. S'ha establert en un 90%.

5.3.2. Equips de només calefacció

El sistema de calefacció està accionat per una caldera model Roca NTD-360 amb les següents característiques:

Denominació	Tipus (combustible)	Potència nominal [kW]	Càrrega mitjana real	Rendiment de combustió
Caldera Roca NTD-360	Caldera estàndard (gas natural)	360	0,2	85%

Taula 15. Característiques dels equips de només calefacció

Com a l'equip anterior, el programa ha estimat el rendiment mitjà estacional a partir de les dades exposades a la Taula 15 i de la qualitat de l'aïllament. Considerant la caldera com ben aïllada i mantinguda, el rendiment estimat és del 77,4%.

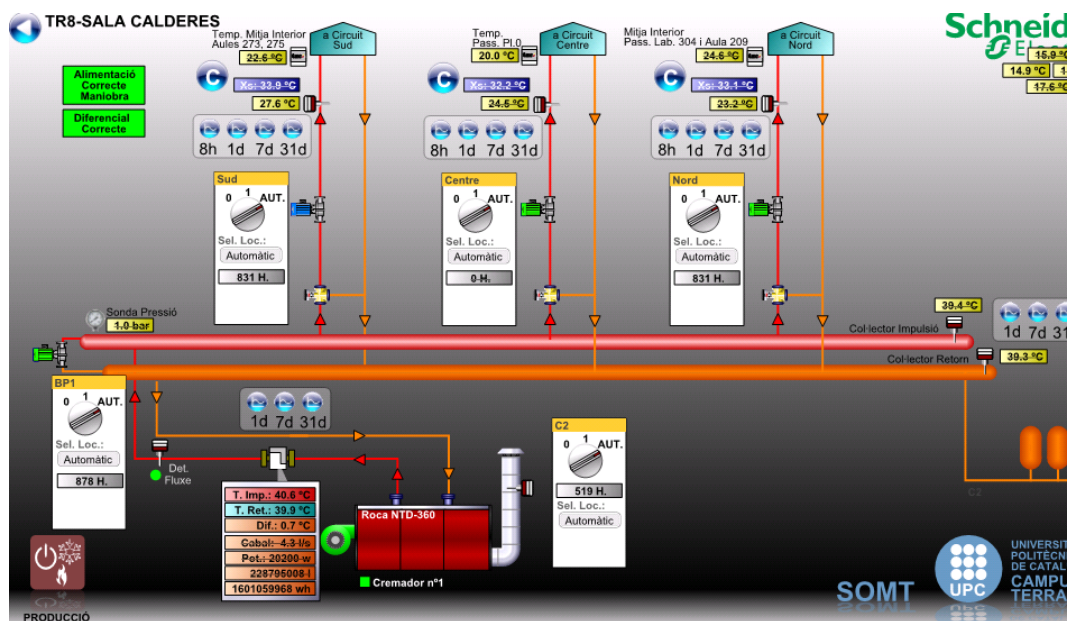


Figura 21. Entorn de control de la sala de calderes



Figura 22. Caldera Roca NTD-360

5.3.3. Equips de només refrigeració

Pel que fa a la refrigeració de l'edifici, es disposa del següent equip d'aire condicionat:

Denominació	Tipus (combustible)	Antiguitat	Rendiment nominal	Tipus de bomba
Només refrigeració	Màquina frigorífica (electricitat)	Entre 5 i 10 anys	150%	Aigua-aigua

Taula 16. Característiques dels equips de només refrigeració

El rendiment mitjà estacional ha estat estimat pel software en un 106,3%.

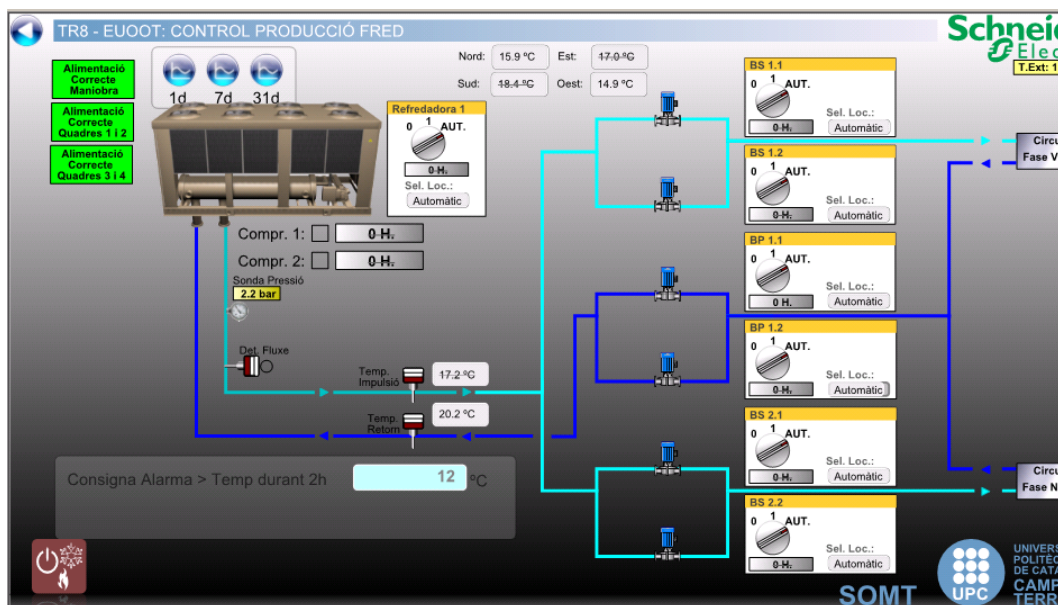


Figura 23. Entorn de control dels equips de producció de fred



Figura 24. Refredadora Ciat RZ-700-2

5.3.4. Equips d'enllumenat

El total dels equips d'enllumenat de l'edifici presenta les següents característiques:

Denominació	Potència instal·lada [W]	Luminància mitja horitzontal [Lux]	Control de l'enllumenat	Activitat
Enllumenat	67000	500	No	Aules i laboratoris

Taula 17. Característiques dels equips d'enllumenat

5.3.5. Ventiladors

L'edifici disposa de 4 ventiladors i 13 fancoils pels quals s'ha considerat que només existeix demanda els mesos d'estiu (de maig a octubre), calculada restant festius i períodes vacacionals. Les propietats (totals) són les següents:

Denominació	Tipus (servei)	Potència elèctrica [kW]	Hores de demanda	Funciona sense demanda
Ventilador (4u)	Ventilador de cabal constant (refrigeració)	36,2	1236	No
Fancoil (13u)	Ventilador de cabal constant (refrigeració)	1,23	1236	No

Taula 18. Característiques dels ventiladors

5.3.6. Equips de bombeig

Es disposa d'un total de 10 bombes, 6 per refrigeració (3 bombes Sedical SP 50/12-B i unes altres 3 Sedical 65/13-B) i 4 per calefacció (3 bombes Roca MC-65 i una del model Roca PC-1065). Pel que fa a les hores de demanda, per a les bombes de fred s'ha utilitzat el mateix procediment de càlcul que a l'apartat anterior i per a les de calor s'ha considerat que tenen demanda només a l'hivern (de novembre a abril). Les característiques de cada grup són les següents:

Denominació	Tipus (servei)	Potència elèctrica [kW]	Hores de demanda	Funciona sense demanda
Bombes fred (6u)	Bomba de cabal constant (refrigeració)	7,71	1236	No
Bombes calor (4u)	Bomba de cabal constant (calefacció)	1,95	1200	No

Taula 19. Característiques dels equips de bombeig

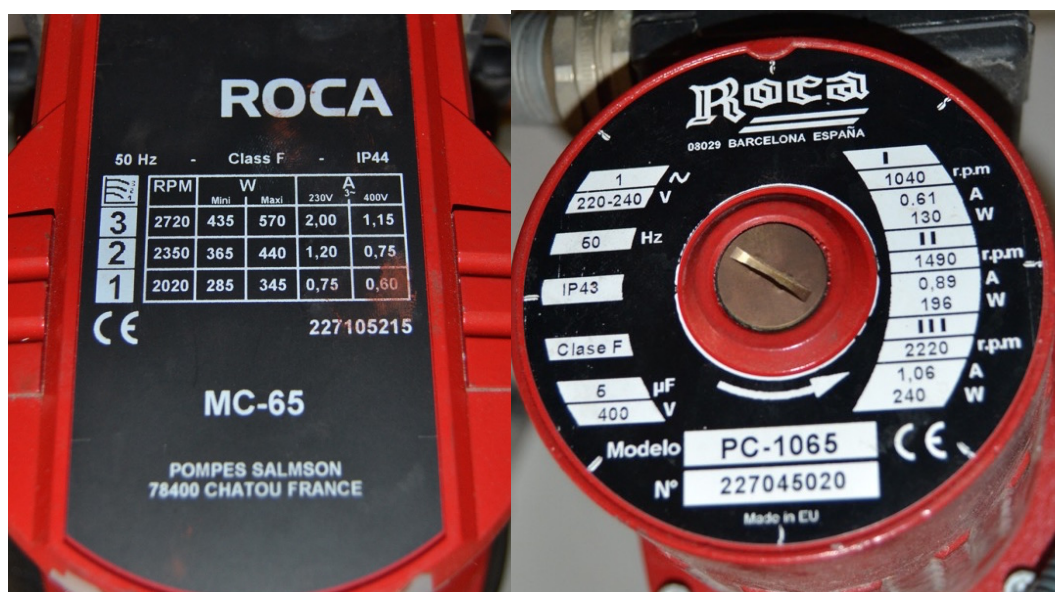


Figura 25. Dades tècniques de les bombes de calor



Figura 26. Dades tècniques de les bombes de fred

5.4. Qualificació obtinguda

Finalment, després d'introduir totes les dades detallades anteriorment, el programa proporciona una qualificació energètica per l'edifici:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORS PARCIAIS			
<div><div>< 107.9A</div><div>107.9-175.4B</div><div>175.4-269.9C</div><div>269.9-350.8D</div><div>350.8-431.8E</div><div>431.8-539.7F</div><div>≥ 539.7G</div></div>	279.96 D	CALEFACCIÓ		ACS	
		1.63	F	2.22	G
		Energia primària de calefacció [kWh/m² any]		Energia primària ACS [kWh/m² any]	
		97.87		0.21	
		REFRIGERACIÓ		ENLLUMENAT	
		1.51	E	0.63	B
Consum global d'energia primària [kWh/m² any]		Energia primària refrigeració [kWh/m² any]		Energia primària enllumenat [kWh/m² any]	
279.96		37.08		116.34	

Figura 27. Qualificació energètica obtinguda mitjançant certificació exhaustiva

Com es pot veure a la figura anterior, el resultat ha estat una qualificació D amb un consum de 279,96 kWh/m² anuals i unes emissions de 65,05 kgCO₂/m² anuals (qualificació C). Cal destacar la variació en el resultat dels indicadors parcials, ja que la instal·lació més perjudicial per l'eficiència de l'edifici és l'equip d'ACS, amb una qualificació G, i la més eficient és l'enllumenat, amb una qualificació B.

Aquests resultats s'analitzaran amb més profunditat en la comparació entre les diferents certificacions.

La resta de l'informe d'eficiència energètica generat pel programa es pot trobar a l'annex II.

6. Certificació bàsica

Tal com s'ha comentat en apartats anteriors, el següent pas d'aquest estudi és realitzar una certificació energètica mitjançant un procés similar al del capítol anterior però amb una sèrie de simplificacions a l'hora de modelitzar l'envolupant tèrmica per tal de facilitar el procés d'obtenció i introducció de dades al programa. Aquestes simplificacions són les següents:

- No s'han considerat patrons d'ombra.
- S'han considerat tots els valors de les transmissibilitats tèrmiques com valors per defecte.
- No s'han considerat els espais no habitables de la coberta principal.
- Totes les finestres s'han modelat amb un percentatge de marc del 20%.
- No s'han considerat els murs de reculada de les finestres de les façanes A, B i D.
- Els patis 3 i 4 s'han considerat espais no habitables, ja que es troben ombrejats gairebé en la seva totalitat. Per tant, tampoc s'han modelat les finestres d'aquests patis.

En aquest capítol es detallen els valors introduïts a cada apartat que siguin diferents dels utilitzats a la certificació exhaustiva. Per tant, tots aquells paràmetres que no s'incloguin en aquest capítol s'han de considerar iguals als de l'apartat anterior.

6.1. Envolupant tèrmica

6.1.1. Cobertes

A l'apartat de cobertes s'han aplicat dues modificacions respecte a la certificació exhaustiva, d'una banda s'han suprimit els patrons d'ombra i per l'altra s'ha unificat la superfície de la coberta principal amb la partició interior *Particions coberta* (apartat 5.2.7). D'aquesta manera, les cobertes modelitzades són les següents:

Denominació	Contacte	Superfície [m ²]
Coberta principal	Aire	1753,88
Coberta consergeria	Aire	14,19
Coberta Pati 1	Aire	282,28
Coberta Pati 2	Aire	13

Taula 20. Característiques de les cobertes a la certificació bàsica

6.1.2. Murs

En aquest cas s'ha decidit mantenir els mateixos murs que a l'apartat anterior, a excepció dels murs de reculada de les finestres de les façanes A, B i D, ja que aquests suposen una superfície molt petita respecte al total de les façanes i fan més complexa la posterior modelització de les finestres. Per tant, s'han mantingut els següents murs de la Taula 7 i la Taula 8, amb la seva respectiva superfície però sense patrons d'ombra:

- Façana A
- Façana B aire i terreny
- Façana C aire i terreny
- Façana D aire i terreny
- Murs N, E, S, O Pati 2
- Murs N, E, S, O Pati 1
- Murs N i S reculada façana C

6.1.3. Buits

En aquesta certificació s'han modelitzat els mateixos buits que a la Taula 9, amb les seves respectives superfícies i dispositius de protecció solar, a excepció de les finestres dels patis 3 i 4, ja que en modelitzar els seus murs com particions interiors el programa no permet la introducció de finestres.

A més, per tal de simplificar el procediment de modelització, s'ha assignat un percentatge de marc del 20% a totes les finestres. S'ha escollit aquest percentatge perquè és el més comú en finestres i una bona aproximació dels valors reals.

Finalment, cal definir el tipus de marc i vidre per tal que el programa estimi els valors de transmissió tèrmica. S'ha seleccionat vidre simple i marc metàl·lic sense ruptura de pont tèrmic, resultant en uns valors de transmissió de $5,70\text{W/m}^2\text{K}$ pels dos elements.

6.1.4. Sòl

En el cas dels sòls no hi ha hagut cap modificació respecte als introduïts a la certificació exhaustiva. Per tant, els sòls modelitzats en aquesta certificació són els que es mostren a la Taula 10.

6.1.5. Particions interiors

Com s'ha vist a l'apartat corresponent, s'han eliminat les particions de la coberta principal, ja que s'han unificat amb la superfície de la coberta principal. Però la principal diferència en la modelització de les particions interiors és la incorporació dels murs dels patis 3 i 4, considerats com espais no habitables per tal de no haver d'introduir patrons d'ombra. Les característiques d'aquests murs són:

Denominació	Tipus	Superfície [m ²]
Pati 3	Vertical	241,89
Pati 4	Vertical	239,24

Taula 21. Característiques de les particions interiors dels patis 3 i 4

6.1.6. Ponts tèrmics

Pels ponts tèrmics s'ha seguit el mateix procediment que l'emprat a l'apartat 5.2.8: s'han modelitzat per defecte ponts tèrmics del tipus pilar integrat en façana, contorn del buit, trobada de façana amb forjat, trobada de façana amb coberta i trobada de façana amb solera.

6.2. Instal·lacions

En aquest últim apartat abans de l'obtenció de la qualificació energètica s'ha decidit no fer cap modificació respecte a les dades detallades a l'apartat 5.3 d'aquest document, ja que en la certificació exhaustiva la majoria de les instal·lacions ja tenien gran part paràmetres estimats pel programa i, per tant, es considera prou simplificat.

6.3. Qualificació obtinguda

En aquesta segona certificació s'ha obtingut la següent qualificació energètica:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORS PARCIAIS			
<div><div>< 102.4A</div><div>102.4-166.5B</div><div>166.5-256.1C</div><div>256.1-332.9D</div><div>332.9-409.8E</div><div>409.8-512.2F</div><div>≥ 512.2G</div></div> <div></div>		CALEFACCIÓ		ACS	
		1.84	F	2.22	G
		Energia primària de calefacció [kWh/m² any]		Energia primària ACS [kWh/m² any]	
		101.15		0.21	
		REFRIGERACIÓ		ENLLUMENAT	
		1.55	E	0.63	B
		Energia primària refrigeració [kWh/m² any]		Energia primària enllumenat [kWh/m² any]	
		24.63		116.34	
Consum global d'energia primària [kWh/m² any]					
270.78					

Figura 28. Qualificació energètica obtinguda mitjançant certificació bàsica

L'indicador global resultant és molt semblant a la de la certificació anterior, amb una qualificació D i un consum de 270,78 kWh/m² anuals i unes emissions de 62,61 kgCO₂/m² anuals (qualificació C). En quant als indicadors parcials, cal destacar el lleuger empitjorament en l'eficiència de la calefacció, tot i que l'element més perjudicial continua sent l'equip d'ACS.

Igual que a la certificació anterior, els resultats s'analitzaran amb més detall al capítol de comparació de certificacions.

La resta de l'informe d'eficiència energètica generat pel programa es pot trobar a l'annex III.

7. Certificació monitoritzada

En aquest capítol es procedirà a analitzar les dades obtingudes mitjançant el sistema de monitorització de consums energètics de la UPC, el SIRENA, amb la intenció d'arribar a un consum energètic anual per unitat de superfície, que serà comparat amb les dues certificacions ja detallades.

El consum energètic es divideix en electricitat i gas:

7.1. Consum d'electricitat

Per al consum elèctric s'ha decidit començar l'anàlisi amb les dades dels últims tres anys, ja que es considera un període suficientment ampli per cobrir variacions puntuals de la demanda i, alhora, suficientment proper per abastar les millores d'eficiència produïdes en els últims anys com a conseqüència dels Projectes d'Optimització Energètica (POE) de la UPC.

Un cop descarregades les dades, s'han traçat en un gràfic per tal d'observar tendències i variacions:

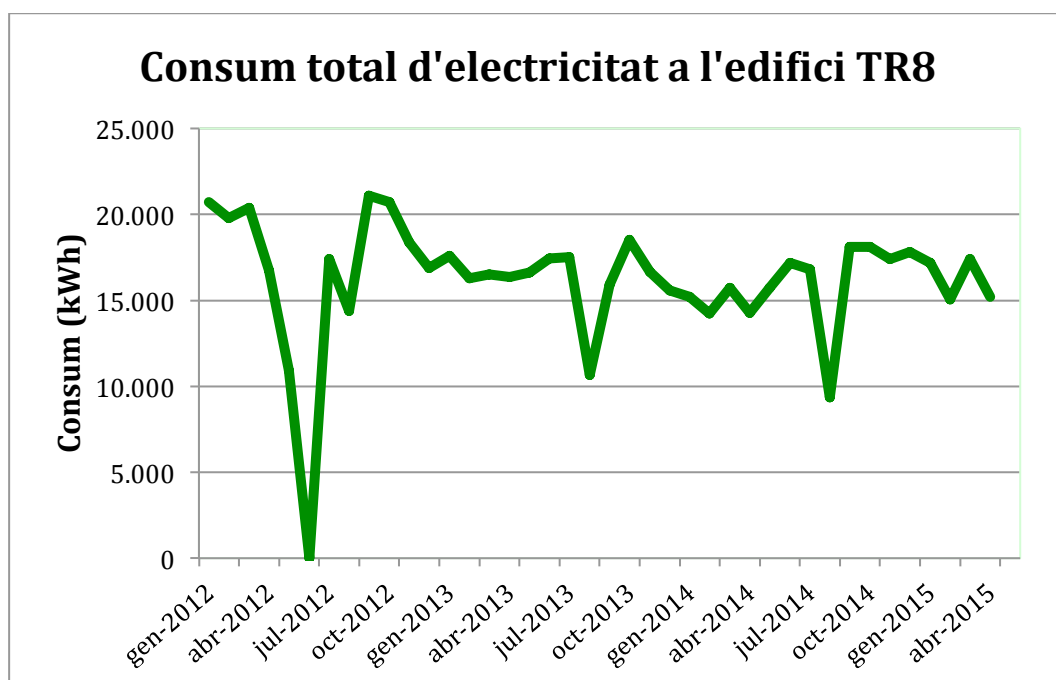


Figura 29. Consum elèctric total mensual dels últims tres anys

En aquest gràfic es pot observar una tendència bastant regular del consum elèctric, mantenint un consum més o menys constant, a excepció de períodes vacacionals com al mes d'agost. No obstant això, al voltant del mes de juliol del 2012 es produeixen unes lectures que no segueixen la tendència de la resta de mesos. És el cas, per exemple, del mes de juny del 2012, en el qual es produeix una lectura de 0 kWh. Sembla clar que es tracta de lectures anòmales, en les

que es va produir algun error o variació en el sistema i, per tant, es consideren singularitats que no formen part del funcionament normal de les instal·lacions de l'edifici.

En conseqüència, per al present estudi s'ha decidit no considerar aquestes lectures i realitzar la certificació amb els valors corresponents al període comprés entre els mesos de gener del 2013 i abril del 2015. Aquestes lectures són:

Mes	Consum [kWh]			
	2013	2014	2015	Mitjana
01	17.581,75	15.218,39	17.174,54	16.658,23
02	16.301,23	14.243,19	15.073,11	15.205,84
03	16.520,13	15.720,09	17.403,26	16.547,83
04	16.354,45	14.282,83	15.191,74	15.276,34
05	16.637,19	15.724,25	-	16.180,72
06	17.433,97	17.165,19	-	17.299,58
07	17.511,76	16.803,64	-	17.157,70
08	10.651,37	9.361,66	-	10.006,51
09	15.917,64	18.100,41	-	17.009,02
10	18.522,80	18.124,13	-	18.323,46
11	16.653,73	17.416,69	-	17.035,21
12	15.565,58	17.806,75	-	16.686,16
Total	195.651,60	189.967,20	-	193.386,61

Taula 22. Lectures de consum elèctric TR8 (gener 2013 - abril 2015)

Un cop calculat el consum anual d'electricitat en energia secundària (o final), aquest s'ha de dividir per la superfície habitable de l'edifici i, finalment, transformar en energia primària mitjançant el factor de conversió apropiat (per a més informació, consultar l'apartat 4.3):

$$Energia\ primària = \frac{193.386,91kWh}{5333,03m^2} * 2,61 = 94,64kWh/m^2\ anuals$$

7.2. Consum de gas

A més del consum d'electricitat, a l'edifici també hi ha un consum de gas natural, que es correspon amb el de la caldera, utilitzat per la calefacció.

Es seguiran uns passos similars als de l'apartat anterior. És a dir, primerament es farà una anàlisi del consum a diversos anys per detectar tendències o singularitats i seguidament es determinarà el període ideal pel càlcul del consum total.

Contràriament al cas dels consums elèctrics, les lectures de gas natural disponibles comencem al maig del 2013, per tant, com a màxim, es podrà analitzar un període de dos anys. A continuació es mostra un gràfic amb aquestes lectures:

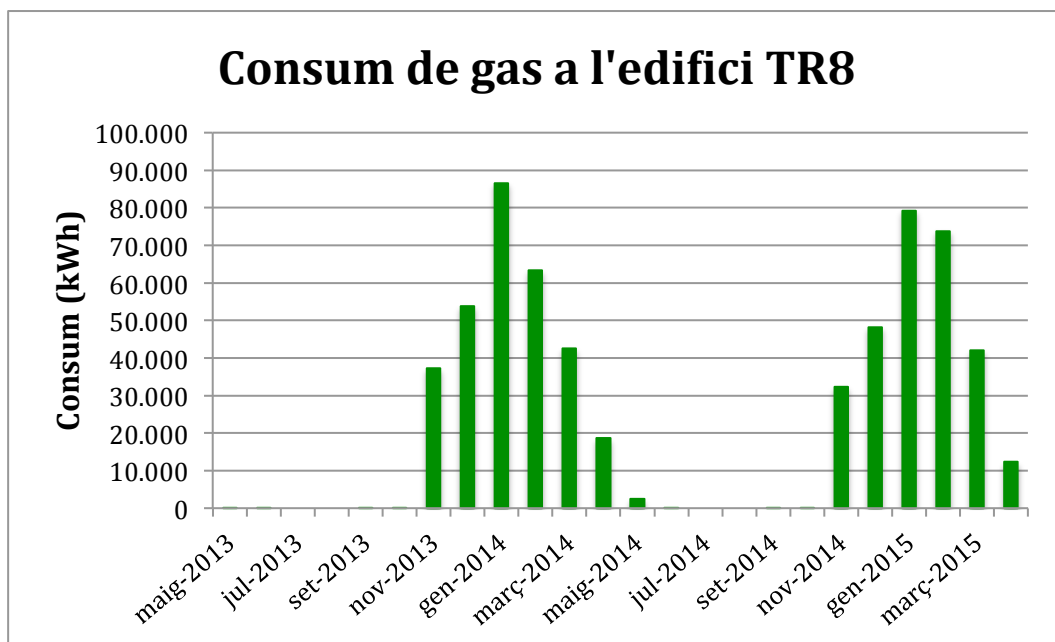


Figura 30. Consum de gas mensual dels últims dos anys

Al gràfic anterior es pot observar una tendència bastant regular, el consum de gas comença als mesos de setembre o octubre, amb l'arribada del fred, i augmenta progressivament fins arribar a un pic als mesos amb temperatures més baixes (gener i febrer), a partir dels quals disminueix progressivament fins arribar a zero, al començament de l'estiu.

Per tant, per l'estudi s'utilitzarà les dades del període comprés entre maig del 2013 i abril del 2015, tenint així les mesures dels dos últims anys per cada mes:

Mes	Consum [kWh]			
	2013	2014	2015	Mitjana
01	-	86.524,02	79.263,05	82.893,53
02	-	63.300,95	73.820,58	68.560,77
03	-	42.562,44	41.997,41	42.279,93
04	-	18.615,81	12.316,94	15.466,38
05	35,24	2.547,94	-	1.291,59
06	2,35	10,59	-	6,47
07	0,00	0,00	-	0,00
08	0,00	0,00	-	0,00
09	49,34	4,69	-	27,01
10	45,82	50,53	-	48,17
11	37.213,96	32.391,72	-	34.802,84
12	53.793,95	48.255,16	-	51.024,55

Total	296.401,24
-------	------------

Taula 23. Lectures de consum de gas TR8 (maig 2015 - abril 2015)

Finalment, seguint la metodologia aplicada a l'apartat anterior i amb el factor de conversió propi del gas natural, s'obté el consum anual de gas en energia primària:

$$Energia\ primària = \frac{296.401,14kWh}{5333,03m^2} * 1,01 = 56,13kWh/m^2\ anuals$$

7.3. Consum total

Sumant ambdós consums obtinguts als apartats anteriors es pot obtenir un consum global d'energia primària, gràcies al qual es podrà calcular una qualificació energètica per l'edifici.

A més, com el consum de gas natural a l'edifici està destinat exclusivament a calefacció, també es pot obtenir una qualificació energètica parcial pel sistema de calefacció instal·lat.

Els valors finals de la certificació amb consums monitoritzats són:

	Consum d'energia primària [kWh/m ² anuals]	Qualificació
Global	150,78	B
Calefacció (parcial)	56,13	C

Emissions globals	34,87 kg CO ₂ /m ² anuals	B
-------------------	---	---

Taula 24. Consums i qualificacions de la certificació monitoritzada

Per les qualificacions anteriors s'han fet servir les següents escales d'eficiència energètica, extretes de l'informe de qualificació energètica general pel CE³X i, per tant, relatives a l'edifici de referència corresponent a l'edifici objecte de l'estudi:

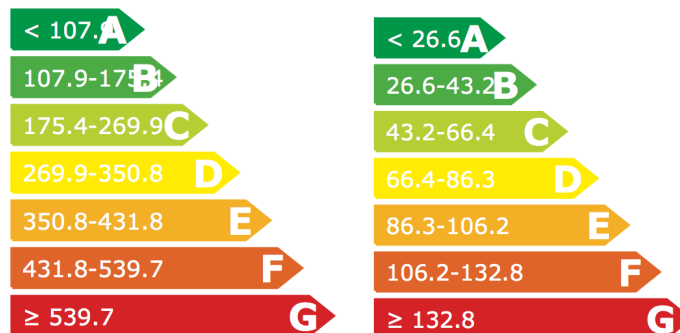


Figura 31. Escales de qualificació d'eficiència energètica de consum i emissions, respectivament

Paral·lelament, amb l'objectiu d'obtenir un consum de refrigeració a partir de les dades monitoritzades, s'ha creat un gràfic de dispersió, relacionant el consum elèctric diari dels últims anys amb la temperatura mitjana del dia. Però, tot i no considerar vacances ni festius, la diferència observada entre els consums a les diferents temperatures no és prou significativa per atribuir-la al consum energètic per refrigeració. Es pot consultar aquest gràfic a l'annex V del present estudi.

8. Comparació de resultats

En aquesta secció s'analitzaran i compararan els resultats de les tres certificacions realitzades en els capítols anteriors per tal de ressaltar i justificar les seves diferències. Amb aquest objectiu, es tindran en compte la precisió dels resultats, la quantitat de temps i recursos necessària i la quantitat d'informació que ofereix cadascun dels mètodes. A més, es proposaran hipòtesis per tal de justificar les possibles discrepàncies que puguin aparèixer entre els resultats de les diferents certificacions.

8.1. Comparació entre certificació exhaustiva i certificació bàsica

Primerament s'analitzaran les dues certificacions realitzades per mètodes simplificats, mitjançant el software CE³X.

La principal diferència entre aquests dos mètodes ha sigut la quantitat de temps dedicat a la recollida de dades sobre l'edifici objecte de la certificació. Per tant, aquesta comparació es centrarà en valorar si, tot i aquesta reducció en el temps de dedicació, els resultats obtinguts són suficientment precisos com per

considerar-se acceptables. L'objectiu final és recomanar un dels dos tipus de certificació, en funció de si l'estalvi en recursos justifica la possible pèrdua de rigor en els resultats.

La següent taula compara els principals aspectes en què es diferencien les dues certificacions:

	Certificació exhaustiva	Certificació bàsica
Recollida d'informació [h]	40	20
Modelització de l'edifici [h]	20	15
Total [h]	60	35

Consum global [kWh/m ² any]	279,96	270,78
Qualificació consum global	D	D
Emissions globals [kgCO ₂ /m ² any]	65,05	62,61
Qualificació emissions globals	C	C
Consum de calefacció [kWh/m ² any]	97,87	101,15
Consum de refrigeració [kWh/m ² any]	37,08	24,63

Taula 25. Comparació entre certificació exhaustiva i certificació bàsica

Com es pot veure, la certificació bàsica suposa una reducció important del temps necessari per realitzar-la, sent aquest gairebé la meitat del de la certificació exhaustiva. L'apartat amb la major diferència és la recollida d'informació, ja que per la certificació bàsica només cal fer mesures in situ o als plànols, sent innecessari en la majoria dels casos consultar informació de la memòria constructiva degut al fet que s'utilitzen valors per defecte allà on és possible.

Pel que fa als resultats, es pot observar que existeix una lleugera diferència en els indicadors globals entre les dues certificacions, sent majors els de la certificació exhaustiva. Mirant els indicadors parcials es pot determinar que aquesta diferència és provocada, principalment pel consum de calefacció i refrigeració, ja que els consums d'ACS i enllumenat són idèntics com a conseqüència de mantenir els mateixos paràmetres per aquests sistemes en les dues certificacions. Cal destacar, però, aquests dos consums tenen comportaments contraris, mentre que la calefacció s'incrementa a la certificació bàsica respecte a l'exhaustiva, amb la refrigeració s'aprecia la tendència oposada.

Aquestes diferències en el consum de les instal·lacions de calefacció i refrigeració poden tenir origen en les següents causes:

- En la certificació bàsica s'han utilitzat un major nombre de transmissàncies per defecte, empitjorant l'aïllament dels tancaments de l'edifici i, per tant, augmentant l'energia necessària per mantenir una temperatura adequada a l'interior.
- D'altra banda, a la certificació bàsica s'han considerat els murs dels patis 3 i 4 com a particions interiors, sense poder modelitzar-hi finestres. Això fa que, especialment a l'estiu, es redueixi la calor que arriba a l'edifici en forma de radiació, col·laborant a la reducció en el consum d'energia per refrigeració.

8.2. Comparació entre certificació per mètodes simplificats i certificació monitoritzada

Seguint la metodologia aplicada a l'apartat anterior, en aquesta secció es compararan les certificacions elaborades per mètodes simplificats (CE³X) i la certificació monitoritzada. D'entre les dues certificacions per mètodes simplificats s'utilitzarà la certificació bàsica ja que, com s'ha vist a la secció anterior, ofereix uns resultats molt similars amb menys recursos.

Gràcies a la transformació a energia primària dels resultats de la certificació monitoritzada que es va dur a terme a l'apartat corresponent, es poden comparar directament els paràmetres d'ambdues certificacions:

	Certificació bàsica	Certificació monitoritzada
Recollida d'informació [h]	20	5
Tractament de les dades [h]	15	10
Redacció de l'informe	-	10
Total [h]	35	25

Consum global [kWh/m ² any]	270,78	150,78
Qualificació consum global	D	B
Emissions globals [kgCO ₂ /m ² any]	62,61	34,87
Qualificació emissions globals	C	B
Consum de calefacció [kWh/m ² any]	101,15	56,13
Qualificació consum de calefacció	F	C

Taula 26. Comparació entre certificació bàsica i certificació monitoritzada

En aquesta comparació es pot observar que s'han produït unes diferències importants entre les dues certificacions. Primerament cal destacar la reducció de temps que suposa la certificació monitoritzada deguda, sobretot, a la rapidesa en la fase de recollida d'informació, ja que en aquest cas les dades es troben totalment centralitzades i només s'ha d'accedir al sistema i seleccionar el període.

Quant als resultats, només es poden comparar aquells consums i emissions que s'han pogut obtenir en la certificació monitoritzada. En aquest aspecte, les certificacions per mètodes simplificats suposen un avantatge perquè ofereixen un major nombre de paràmetres, que faciliten la creació de mesures de millora d'eficiència energètica. Com es pot veure a la taula anterior, tots aquests paràmetres comparables entre les dues certificacions tenen un valor en la certificació bàsica proper al doble de l'obtingut a l'altre procediment. A continuació es llisten una sèrie d'hipòtesis per tractar de justificar aquestes discrepàncies:

- CE³X assumeix un ús constant de l'edifici al llarg de l'any però, com s'ha vist al capítol anterior, aquest no és el cas de l'edifici objecte de l'estudi. És per això que el consum modelitzat a les certificacions per mètodes simplificats durant períodes de vacances o festius és superior a la realitat i, per tant, també el total. Aquest fet cobra especial rellevància si es té en compte que els mesos amb menor activitat a l'edifici coincideixen amb els períodes de temperatures més extremes (agost i gener-febrer).
- Al llarg dels últims anys ha crescut significativament l'esforç per millorar l'eficiència energètica a tots els edificis de la universitat, fruit de diversos programes i plans d'estalvi energètic. Aquest fet es pot observar a la Figura 29, on s'aprecia que la tendència és disminuir el consum elèctric any rere any. Aquest esforç es reflecteix als consums monitoritzats però no a les altres certificacions.

Un exemple pot ser el control de la il·luminació. CE³X ofereix una opció per indicar que l'edifici disposa de sistema de control d'il·luminació però només és vàlida per sistemes de control automatitzat. Per tant, no és possible modelitzar l'elevat aprofitament de la llum solar que es produeix a l'edifici pel seu gran nombre de finestres ni els esforços per reduir el consum energètic apagant els llums de manera manual quan no són necessaris.

- Tot i no representar una diferència important entre les dues certificacions per mètodes simplificats, la utilització de paràmetres per defecte sí que pot esdevenir font de diferències entre aquestes i la certificació monitoritzada, la qual equival a utilitzar valors reals en tota l'envolupant tèrmica. Cal recordar que els valors per defecte són els pitjors acceptats per la norma i, per tant, contribueixen a un augment de consums en els resultats de les certificacions de CE³X.

- Finalment, s'ha de tenir en compte que CE³X, a més dels valors de les transmissivitats tèrmiques, també estima els valors de rendiment dels equips de les diverses instal·lacions. És a dir, el programa calcula la demanda energètica de l'edifici però necessita estimar el rendiment de les instal·lacions per transformar aquestes dades en energia final i primària. Per contra, en la certificació monitoritzada s'obté directament l'energia final, evitant l'ús dels rendiments per l'obtenció de la qualificació i, per tant, reduint les fonts d'error.

9. Treballs futurs

Amb l'objectiu de millorar el procés de certificació seguit en aquest estudi i l'eficiència energètica de l'edifici estudiat, en aquest capítol es proposaran dos futurs treballs, amb les seves tasques i duracions associades.

9.1. Creació d'un software per realitzar certificacions monitoritzades

El primer treball proposat consisteix en crear un software capaç de generar l'informe de certificació energètica a partir dels consums reals monitoritzats de l'edifici objecte.

Com s'ha pogut veure al llarg d'aquest estudi, un dels majors inconvenients d'una certificació realitzada a partir de consums monitoritzats és que gran part del temps necessari per dur-la a terme es dedica a la redacció de l'informe i adequació de dades, quan a la resta de certificacions aquest procés el realitza un software que permet estalviar temps al tècnic certificador. Per tant, es creu necessària la creació d'un programa que permeti agilitzar aquesta tasca i a continuació es detalla l'estructura que podria tenir un futur treball encaminat a millorar aquests aspectes.

9.1.1. Estructura de descomposició del treball (EDT)

1. Creació d'un software per realitzar certificacions monitoritzades
 - 1.1. Cerca d'informació
 - 1.1.1. Requisits mínims d'una certificació energètica - Normativa
 - 1.1.2. Cerca d'informació sobre els programes de certificació actuals
 - 1.1.3. Cerca de factors de conversió per cada font d'energia
 - 1.2. Disseny del software
 - 1.2.1. Mètodes d'introducció de dades
 - 1.2.2. Algoritme de càlcul
 - 1.2.3. Integració amb la base de dades d'edificis de referència
 - 1.2.4. Interfície d'usuari
 - 1.3. Programació del software

1.4. Comprovació del software

1.4.1. Comparació de resultats amb CALENER

1.4.2. Anàlisi dels resultats

1.5. Redacció de documents

9.1.2. Descripció de les tasques

Codi	Tasca	Descripció
1.1.1	Requisits mínims d'una certificació energètica - Normativa	Cerca en la normativa vigent de tots els paràmetres necessaris per a elaborar un informe d'eficiència energètica vàlid.
1.1.2	Cerca d'informació sobre els programes de certificació actuals	Cerca d'informació sobre els diferents mètodes de certificació energètica d'edificis que s'utilitzen en l'actualitat per tal de trobar punts forts i febles a imitar i evitar, respectivament.
1.1.3	Cerca de factors de conversió per cada font d'energia	Cerca dels factors de conversió a energia primària i a emissions de CO ₂ equivalent de cadascuna de les fonts d'energia disponibles i per diversos territoris, per tal d'aplicar-los a les dades introduïdes (energia final).
1.2.1	Mètodes d'introducció de dades	Dissenyar un mètode d'introducció de dades al software que sigui simple, ràpid i efectiu.
1.2.2	Algoritme de càlcul	Creació de l'algoritme que calculi els consums i emissions de l'edifici en funció de les dades introduïdes
1.2.3	Integració amb la base de dades d'edificis de referència	Incloure la base de dades d'edificis de referència per tal de comparar els resultats i obtenir la qualificació d'eficiència energètica.
1.2.4	Interfície d'usuari	Dissenyar una interfície d'usuari simple i intuïtiva, que inclogui tots els paràmetres necessaris per a la certificació.
1.3	Programació del software	Desenvolupament del software dissenyat en el llenguatge de programació escollit per l'autor de treball.
1.4.1	Comparació de resultats amb CALENER	Realitzar la certificació d'un nombre suficientment ampli d'edificis i comparar els resultats amb els obtinguts pels mètodes actuals (CALENER).
1.4.2	Anàlisi dels resultats	Analitzar els resultats de la comparació, contrastant la precisió dels resultats del nou mètode i valorant el possible estalvi de recursos per tal de validar (o no) el nou software com a mètode de certificació energètica d'edificis existents.
1.5	Redacció de documents	Elaboració de la memòria tècnica, annexos, pressupost i la resta de documents requerits.

Taula 27. Descripció de les tasques del treball futur 1

9.1.3. Duracions i relacions de precedència

A continuació es mostra la duració estimada i les precedències de cada tasca per tal de poder elaborar la planificació del treball:

Codi	Tasca	Duració [h]	Precedències
1.1.1	Requisits mínims d'una certificació energètica - Normativa	10	-
1.1.2	Cerca d'informació sobre els programes de certificació actuals	15	-
1.1.3	Cerca de factors de conversió per cada font d'energia	3	-
1.2.1	Mètodes d'introducció de dades	20	1.1.1; 1.1.2
1.2.2	Algoritme de càlcul	20	1.2.1; 1.1.3
1.2.3	Integració amb la base de dades d'edificis de referència	15	1.2.2
1.2.4	Interfície d'usuari	15	1.2.3
1.3	Programació del software	35	1.2.4
1.4.1	Comparació de resultats amb CALENER	20	1.3
1.4.2	Anàlisi dels resultats	10	1.4.1
1.5	Redacció de documents	30	1.4.2
Total		193	

Taula 28. Duració i precedències de les tasques del treball futur 1

9.2. Proposta de millores d'eficiència energètica per la FOOT

Tota la informació sobre els consums energètics de la FOOT recollida i analitzada en aquest estudi facilitaria la realització d'un futur treball en el qual s'ampliessin i analitzessin aquestes dades des d'un punt de vista de l'eficiència energètica i es plantejessin mesures concretes que milloressin els consums de l'edifici, ajudant a reduir les emissions globals de la universitat, així com la factura d'energia.

9.2.1. Estructura de descomposició del treball (EDT)

1. Proposta de millores d'eficiència energètica per la FOOT
 - 1.1. Estudi de la situació actual
 - 1.1.1. Obtenció de l'informe de qualificació d'eficiència energètica actual
 - 1.1.2. Obtenció dels consums monitoritzats
 - 1.1.3. Cerca d'informació sobre les instal·lacions
 - 1.2. Anàlisi de la situació actual
 - 1.3. Accions de millora
 - 1.3.1. Proposta de millores
 - 1.3.2. Anàlisi i selecció de les millores proposades
 - 1.4. Aplicació de les millores

- 1.4.1. Obtenció de la nova qualificació d'eficiència energètica
- 1.4.2. Estimació de nous consums i costos
- 1.4.3. Anàlisi dels resultats
- 1.5. Redacció de documents

9.2.2. Descripció de les tasques

Codi	Tasca	Descripció
1.1.1	Obtenció de l'informe de qualificació d'eficiència energètica actual	Cercar l'informe d'eficiència energètica de la FOOT. Per exemple, del present estudi.
1.1.2	Obtenció dels consums monitoritzats	Obtenir l'històric de consums d'electricitat i gas mitjançant el SIRENA.
1.1.3	Cerca d'informació sobre les instal·lacions	Cerca de les característiques tècniques dels equipaments de cada instal·lació de l'edifici, així com una estimació del rendiment actual.
1.2	Anàlisi de la situació actual	Analitzar les dades obtingudes per tal de detectar les instal·lacions o sistemes ineficients sobre els quals s'actuarà.
1.3.1	Proposta de millores	Elaboració de propostes concretes que permetin augmentar l'eficiència energètica de l'edifici.
1.3.2	Anàlisi i selecció de les millores proposades	Valorar la idoneïtat de les propostes de la tasca anterior en termes de millora de l'eficiència i cost econòmic per acabar seleccionant les millors.
1.4.1	Obtenció de la nova qualificació d'eficiència energètica	Aplicar les propostes seleccionades en una nova certificació energètica.
1.4.2	Estimació de nous consums i costos	Calcular les implicacions de les mesures aplicades en termes d'estalvi de consums, cost d'implantació i impacte mediambiental.
1.4.3	Anàlisi dels resultats	Analitzar els valors obtinguts, comparant-los amb la situació actual i valorant els beneficis que aportarien a l'edifici les millores seleccionades.
1.5	Redacció de documents	Elaboració de la memòria tècnica, annexos, pressupost i la resta de documents requerits.

Taula 29. Descripció de les tasques del treball futur 2

9.2.3. Duracions i relacions de precedència

Codi	Tasca	Duració [h]	Precedències
1.1.1	Obtenció de l'informe de qualificació d'eficiència energètica actual	2	-
1.1.2	Cerca d'informació sobre les instal·lacions	25	1.1.1
1.2	Anàlisi de la situació actual	15	1.1.2
1.3.1	Proposta de millores	10	1.2
1.3.2	Anàlisi energètica i econòmica de les millores proposades	25	1.3.1
1.4.1	Obtenció de la nova qualificació d'eficiència energètica	5	1.3.2
1.4.2	Estimació de nous consums i costos	10	1.4.1
1.4.3	Anàlisi dels resultats	10	1.4.2
1.5	Redacció de documents	35	1.4.3
Total		137	

Taula 30. Duració i precedències de les tasques del treball futur 2

10. Impacte mediambiental

Des dels primers capítols, amb l'exposició de l'estat passat i actual de les principals normatives i iniciatives institucionals relatives a l'eficiència energètica, fins als últims, amb propostes de millors mètodes de certificació, aquest treball té una clara orientació de millora mediambiental per mitjà de l'estalvi energètic.

El principal objectiu d'aquest estudi és comparar i valorar els diferents mètodes de certificació d'eficiència energètica que s'han fet servir per obtenir la qualificació d'un mateix edifici objecte. Com a resultat d'aquest procés s'ha pogut observar que gràcies a un mètode que fins ara gairebé no s'ha fet servir i que, de fet, no contempla la normativa actual, es podrien certificar edificis existents amb major rapidesa i exactitud. Això permetria, gràcies a la reducció de recursos, augmentar el nombre d'edificis certificats i, per tant, conèixer millor com es fa servir l'energia al parc immobiliari estatal. En conseqüència, es podrien dur a terme millores més efectives, encaminades a augmentar l'eficiència d'aquells elements dels edificis que més ho requereixin. Això és aplicable tant a edificis individuals com a campanyes institucionals que busquin una millora a escala global.

En el cas concret de l'edifici objecte d'aquest treball, al llarg dels diferents capítols d'aquest estudi s'ha pogut veure com s'utilitza l'energia en l'edifici TR8 del Campus UPC de Terrassa. Gràcies a aquesta informació, es poden analitzar els sistemes amb menys eficiència energètica i elaborar accions concretes que

els millorin. En aquest sentit, a l'apartat 9 s'ha detallat un possible futur estudi enfocat en aquests aspectes, mitjançant el qual es podrà millorar l'eficiència energètica de la FOOT i reduir l'impacte econòmic i mediambiental a la universitat.

Finalment, però no menys important, amb aquest estudi també es pretén conscienciar als lectors de la importància que té l'estalvi energètic en l'àmbit domèstic, tot encoratjant-los a reduir el seu consum energètic sempre que sigui possible.

11. Pressupost

El cost econòmic d'aquest estudi inclou les hores de dedicació, ja que el software utilitzat és gratuït. El pressupost detallat es troba al Volum III d'aquest treball.

El cost total de l'estudi és de 6.150 €. El qual, després d'aplicar un 21% d'IVA ascendeix a un total de 7.441,50 € -set mil quatre-cents quaranta-un euros i cinquanta cèntims- (IVA inclòs).

12. Conclusions

Al llarg del present estudi s'han pogut anar observant les diferències existents entre els tres tipus de certificació d'eficiència energètica emprats: exhaustiva, bàsica i monitoritzada. En aquest últim apartat del treball es valoraran les característiques principals de cadascun, amb diferents punts de vista, per tal d'acabar valorant quin d'aquests és el més recomanable per a la certificació d'edificis existents.

Primerament s'han comparat els dos tipus de certificacions realitzades per mitjà de mètodes simplificats (CE^3X), la certificació exhaustiva i la certificació bàsica. Com s'ha vist a l'apartat 8.1, la diferència més important es troba en la quantitat d'hores requerides per dur-les a terme, sent gairebé la meitat en la segona. Pel que fa als resultats, es troben valors molts similars, degut majoritàriament al fet que les instal·lacions, que tenen un pes important en el resultat final, s'han mantingut igual en ambdues certificacions.

Així doncs, es consideren les diferències entre els resultats de la certificació exhaustiva i de la certificació bàsica poc significatives en comparació amb l'estalvi de temps i recursos que suposa la segona i, per tant, es recomana utilitzar la metodologia de la certificació bàsica, especialment en situacions en les quals es vulgui minimitzar el temps i recursos requerits.

També s'han comparat els valors obtinguts en la certificació bàsica (per haver resultat la més recomanable entre les dues fetes per CE³X) amb els de la certificació monitoritzada. En aquest cas la diferència obtinguda en el temps de realització és menor tot i que favorable a la certificació monitoritzada però en els resultats la diferència és significativa, obtenint un consum de gairebé la meitat a l'obtingut en les certificacions anteriors.

Considerant les diferències i les hipòtesis de l'apartat 8.2, es pot concloure que el tipus de certificació més recomanable entre els tres que s'han realitzat en el present estudi és la certificació monitoritzada. Aquesta decisió es basa principalment en dos aspectes. Primerament, perquè d'entre les tres certificacions comparades, és la que es realitza en un temps menor i, per tant, la que consumeix menys recursos i tindrà un cost menor. I d'altra banda, també és la que produeix uns resultats més propers a la realitat, ja que es basa directament en consums reals. De fet, els mètodes simplificats porten associades una sèrie de fonts d'error, la majoria de les quals es troben llistades en el capítol corresponent a la comparació de resultats.

Cal destacar que els avantatges de la certificació monitoritzada només són vàlids en alguns escenaris concrets. Per poder fer-la servir s'ha de disposar d'un sistema d'enregistrament de consums que sigui capaç de diferenciar el de cada sistema per separat i, a més, aquest enregistrament el rang de dades prou ampli per eliminar singularitats, variacions meteorològiques, etc. Si no es compleixen aquestes condicions, la certificació més recomanable seria la bàsica.

Amb l'objectiu de millorar el procés, s'ha proposat un futur treball consistent en la creació d'un software que faciliti la tasca de certificació a partir de consums reals monitoritzats, especialment en el càlcul de consums i emissions anuals i en l'elaboració de l'informe de certificació energètica, tasques que actualment requereixen la major part del temps i que podrien ser majoritàriament automatitzades.

Finalment, cal destacar les accions futures que es recomana seguir i a les quals contribueixen les tasques realitzades en aquest treball. Per una banda, la creació d'un procés homologat a les normatives europees i espanyoles, que estableixi els passos a seguir per certificar edificis existents a partir dels consums reals, ja que fins ara només es contempla la certificació per mètode general o simplificat. Per l'altra, la utilització de les dades recollides i presentades en aquest treball en projectes que busquin l'estalvi energètic en els edificis de la universitat, reduint així la seva petjada ecològica.

13. Bibliografia

- [1] Directiva 2003/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios, Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 1 § p.65-71 (2003).
- [2] Directiva 2010/31/EU del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), Diario Oficial de la Unión Europea L 153 § p.13-35 (2010).
- [3] Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, Diario Oficial de la Unión Europea L 315 § p.1-56 (2012).
- [4] Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficiencia energética (SAVE), Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 237 § p.28-30 (1993).
- [5] EADIC. *Curso calificación energética de edificios: Lider y VyP. Tema 1: La certificación energética de edificios y su normativa*. Disponible a: <http://www.eadic-innova.com/eficiencia/source/tema1_eadic.pdf>.
- [6] Efinovatic. CE3X. Disponible a: <<http://www.efinova.es/CE3X>>. Data de consulta: 10 de maig de 2015.
- [7] Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (2012). *Presentació*. Disponible a: <<http://foot.upc.edu/lescola/presentacio>>. Data de consulta: 25 d'abril de 2015.
- [8] Ferrer Balas, D (2013). *El pla d'estalvi energètic de la UPC: Una estratègia basada en el canvi de cultura i gestió col·laborativa*.
- [9] Francàs Ribera, F. X. (2015). *Estudi i modelització de l'edifici GAIA mitjançant mètodes simplificats*. Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa.
- [10] Gassó Vilella, S. (2014). *Estudio y modelización del edificio Biblioteca del Campus Terrassa mediante: métodos simplificados y datos monitorizados*. Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa.
- [11] Ministerio de Fomento (2014). Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación. Madrid: Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. Disponible a:

<http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf>.

- [12] Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2013). Respuestas a preguntas frecuentes sobre el real decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Madrid: Subdirección General de Planificación Energética y Seguimiento. Disponible a:
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Normativa/Documents/Respuestas_a_preguntas_frecuentes_CEE_18_11_13.pdf>.
- [13] Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014). *Nota informativa Procedimiento Transitorio Certificación*. Madrid: Subdirección General de Planificación Energética y Seguimiento. Disponible a:
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/20140313_Nota_Informativa_Procedimiento_transitorio_Certificacion.pdf>.
- [14] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, IDAE (2014). *Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria*. Disponible a:
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf>.
- [15] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, IDAE, Ministerio de Fomento (2015). Estado de la certificación energética de los edificios datos CCAA (2º Informe). Disponible a:
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Documentos%20informativos/Informe_Certificaci%C3%B3n_Energ%C3%A9tica_Enero_%202015.pdf>.
- [16] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Eficiencia Energética: *Certificación de eficiencia energética de los edificios*. Disponible a:
<<http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/DESARROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICACIONENERGETICA/Paginas/certificacion.aspx>>. Data de consulta: 11 de maig de 2015.
- [17] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. *Modelo de etiqueta de eficiencia energética*. Disponible a:
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Normativa/Documents/2013_07-04_%20Modelo%20Etiqueta.pdf>.

- [18] MIYABI, CENER (2012). *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE³X*. Madrid: IDAE.
- [19] Poyato Gracia, N. (2014). *Estudio y modelización del edificio TR5 mediante métodos simplificados*. Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa.
- [20] Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, BOE 89 § p.27548-27562 (2013).
- [21] Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, de 26 de octubre de 2012, Diario Oficial de la Unión Europea C 326 § p.47-390 (2010).
- [22] Universitat Politècnica de Catalunya. *SIRENA*. Disponible a: <<http://sirenaupc.dexcell.com/>>. Data de consulta: 19 de maig de 2015.
- [23] Valls, G. (2013). *Tutorial sombras CE3X*. SuryaEnergy. Disponible a: <<http://suryaenergy.org/tutorial-sombras-ce3x/>>.
- [24] Wikipedia. *Directiva de eficiencia energética en edificios*. Disponible a: <http://es.wikipedia.org/wiki/Directiva_de_eficiencia_energ%C3%A9tica_en_edificios>. Data de consulta: 10 de maig de 2015.